National Science Workshop 2002, Fisheries and Oceans Canada, Burlington, Ontario/ Atelier national des sciences 2002, Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario)

Editors/ Éditeurs

R.G. Randall[1], R.E. Allen[1], E.M.P. Chadwick[2], R. R. Claytor[3] and/et J. Helbig[4]

[1]Fisheries and Oceans Canada, Bayfield Institute, 867 Lakeshore Road, Burlington, Ontario L7R 4A6 / Pêches et Océans Canada, Institut Bayfield, 867, chemin Lakeshore, Burlington (Ontario) L7R 4A6

[2]Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, 343 University Street, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 / Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343, rue de l'Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

[3] Fisheries and Oceans Canada, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 / Pêches et Océans Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

[4] Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 / Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6

2003

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences/ Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques 2463

Fisheries and Oceans Canada | Pêches et Océans Canada

Canada

Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences

Technical reports contain scientific and technical information that contributes to existing knowledge but which is not normally appropriate for primary literature. Technical reports are directed primarily toward a worldwide audience and have an international distribution. No restriction is placed on subject matter and the series reflects the broad interests and policies of the Department of Fisheries and Oceans, namely, fisheries and aquatic sciences.

Technical reports may be cited as full publications. The correct citation appears above the abstract of each report. Each report is abstracted in *Aquatic Sciences and Fisheries Abstracts* and indexed in the Department's annual index to scientific and technical publications.

Numbers 1-456 in this series were issued as Technical Reports of the Fisheries Research Board of Canada. Numbers 457-714 were issued as Department of the Environment, Fisheries and Marine Service, Research and Development Directorate Technical Reports. Numbers 715-924 were issued as Department of Fisheries and the Environment, Fisheries and Marine Service Technical Reports. The current series name was changed with report number 925.

Technical reports are produced regionally but are numbered nationally. Request for individual reports will be filled by the issuing establishment listed on the front cover and title page. Out-of-stock reports will be supplied for a fee by commercial agents.

Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques

Les rapports techniques contiennent des renseignements scientifiques et techniques qui constituent une contribution aux connaissances actuelles, mais qui ne sont pas normalement appropriés pour la publication dans un journal scientifique. Les rapports techniques sont destinés essentiellement à un public international et ils sont distribués à cet échelon. Il n'y a aucune restriction quant au sujet; de fait, la série reflète la vaste gamme des intérêts et des politiques du ministère de Pêches et des Océans, c'est-à-dire les sciences halieutiques et aquatiques.

Les rapports techniques peuvent être cités comme des publications complètes. Le titre exact paraît au-dessus du résumé de chaque rapport. Les rapports techniques sont résumé dans la revue *Résumé des scieces aquatiques et halieutiques*, et ils sont classés dans l'index annuel des publications scientifiques et techniques du Ministère.

Les numéros 1 à 456 de cette série ont été publiés à titre de rapports techniques de l'Office des recherches sur les pêcheries du Canada. Les numéros 457 à 714 sont parus à titre de rapports techniques de la Direction générale de la recherche et du développement, Service des pêches et de la mer, ministère de l'Environnement. Les numéros 715 à 924 ont été publiés à titre de rapports techniques du Service des pêches et de la mer, ministère des Pêches et de l'Environnement. Le nom actuel de la série a été établi lors de la parution du numéro 925.

Les rapports techniques sont produits à l'échelon régional, mais numérotés à l'échelon national. Les demandes de rapports seront satisfaites par l'établissement auteur dont le nom figure sur la couverture et la page du titre. Les rapports épuisés seront fournis contre rétribution par des agents commerciaux.

103-04670/

CANADIAN TECHNICAL REPORT OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES/
RAPPORT TECHNIQUE CANADIEN DES SCIENCES HALIEUTIQUES ET
AQUATIQUES 2463

2003

National Science Workshop 2002, Fisheries and Oceans Canada, Burlington, Ontario/ Atelier national des sciences 2002, Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario)

Editors/ Éditeurs

R.G. Randall[1], R.E. Allen[1], E.M.P. Chadwick[2], R. R. Claytor[3] and/et J. Helbig[4]

[1]Fisheries and Oceans Canada, Bayfield Institute, 867 Lakeshore Road, Burlington, Ontario L7R 4A6 / Pêches et Océans Canada, Institut Bayfield, 867, chemin Lakeshore, Burlington (Ontario) L7R 4A6

[2]Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, 343 University Street, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 / Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343, rue de l'Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6

[3] Fisheries and Oceans Canada, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 / Pêches et Océans Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2

[4] Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 / Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6

© Minister of Supply and Services Canada 2003/
Ministre des Approvisionnements et Services Canada 2003
Cat. No. Fs 97-6/2463 ISSN 0706-6457

Correct citation of this publication/ On devra citer la publications comme suit :

R.G. Randall, R.E. Allen, E.M.P. Chadwick, R. R. Claytor and J. Helbig (Editors). National Science Workshop 2002, Fisheries and Oceans Canada, Burlington, Ontario. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2463: xiii+234 p. / R.G. Randall, R.E. Allen, E.M.P. Chadwick, R. R. Claytor et J. Helbig (Éditeurs). Atelier national des sciences 2002, Pêches et Océans Canada, Burlington (Ontario). Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2463: xiii+234 p.

Abstract

The second National Science Workshop, Fisheries and Oceans Canada (DFO), was held at the Bayfield Institute, Canada Centre for Inland Waters, Burlington, Ontario on 20-22 November 2002. The goal of the workshop was to highlight the scientific research being conducted in the seven Regions of DFO, and to facilitate communication among new and experienced staff at a national forum, as recommended by the Internal Science Advisory Committee (ISAC). More than 190 Science and Oceans Sector professionals participated in a full program that included 44 presentations, 42 posters and two discussion panels. Presentations and posters addressed three themes: 1) new technology and methods for fisheries science; 2) modelling of the ecosystem; and 3) advances in freshwater fisheries and habitat research. The two discussion panels led a constructive debate on the potential of hydroacoustics as a research tool and the feasibility of implementing ecosystem-based management. During a keynote speech, Peter Harrison, Deputy Minister, indicated that DFO's Science Sector is charting a new course for the future to maximize DFO's research potential. A post-workshop evaluation by participants confirmed the success of the meeting, as all respondents felt that the workshop should continue in the future. The workshop steering committee, led by Michael Chadwick (Chair of ISAC), included Rosalie Allen, Ross Claytor, Jim Helbig and Bob Randall. Chairs of the discussion panels were Jim Carscadden (hydroacoustics) and Serge Labonté (ecosystem-based management).

In this report, abstracts are listed in the order they were presented during the workshop program. Poster abstracts are listed alphabetically by author. In addition to abstracts, some authors elected to submit syncpses of presentations or posters after the workshop. Summaries of the key points made by the discussion panel members are provided. A list of participants and the results of the workshop evaluation are given as Appendices.

Résumé

Le deuxième atelier national des Sciences de Pêches et Océans Canada (MPO) s'est tenu du 20 au 22 novembre 2002 à l'Institut Bayfield du Centre canadien des eaux intérieures, situé à Burlington (Ontario). L'atelier visait à présenter les travaux scientifiques réalisés dans les sept Régions du MPO et à faciliter la communication entre les nouveaux employés et le personnel d'expérience grâce à un forum national, tel que l'a recommandé le Comité consultatif interne sur les sciences (CCIS). Plus de 190 professionnels des secteurs des Sciences et des Océans ont assisté à l'atelier, qui comprenait 44 exposés, 42 affiches et deux discussions en groupe. Les exposés et les affiches ont abordé trois thèmes : 1) les nouvelles méthodes et technologies en sciences halieutiques, 2) la modélisation de l'écosystème et 3) les progrès accomplis dans la recherche sur les pêches et les habitats en eau douce. Les deux discussion en groupe ont donné lieu à un débat constructif sur le potentiel de l'hydroacoustique comme outil de recherche et sur la faisabilité de la gestion écosystémique. Dans son discours-programme, M. Peter Harrison, sous-ministre, a indiqué que le secteur des Sciences du MPO trace une nouvelle voie visant à maximiser le potentiel de recherche du MPO. Une évaluation effectuée après l'atelier par les participants en a confirmé le succès, car tous les répondants ont jugé que l'atelier devrait se poursuivre à l'avenir. Dirigé par Michael Chadwick (président du CCIS), le comité directeur de l'atelier comprenait Rosalie Allen, Ross Claytor, Jim Helbig et Bob Randall. Jim Carscadden a présidé la discussion en groupe sur l'hydroacoustique, et Serge Labonté, celle sur la gestion écosystémique.

Ce rapport énumère les résumés des exposés selon l'ordre où ils ont été donnés à l'atelier et les résumés d'affiches par ordre alphabétique du nom de l'auteur principal. En plus des résumés, certains auteurs ont décidé de présenter des synopsis d'exposés ou d'affiches après l'atelier. Sont également présentés les principaux points des discussions en groupe. La liste des participants et les résultats de l'évaluation de l'atelier sont présentés en annexes.

Acknowledgements

The authors would like to thank Carolyn Bakelaar, Christine Brousseau, Mandi Clark and Aida Marques for their assistance in editing and formatting this Technical Report. Special thanks go out to the many Science Sector employees who contributed to ensuring that the Second Annual National Science Workshop was a great success. The support of the workshop's host, Dr. John Cooley (Regional Director, Science of Central and Arctic Region), is also greatly appreciated. Finally, the authors would like to thank Dr. Wendy Watson-Wright (Assistant Deputy Minister, Science) for the funding that made this important event possible.

Remerciements

Les auteurs souhaitent remercier Carolyn Bakelaar, Christine Brousseau, Mandi Clark et Aida Marques pour l'aide qu'elles ont apportée à la vérification du texte et à la mise en page du présent Rapport technique. Nous remercions particulièrement les nombreux employés du Secteur des sciences qui ont contribué à faire du Deuxième atelier annuel national des sciences un grand succès. En outre, l'appui précieux du docteur John Cooley (Directeur régional, Sciences, Région du Centre et de l'Arctique) en sa qualité d'hôte de l'atelier, a été grandement apprécié. Enfin, les auteurs souhaitent remercier le docteur Wendy Watson-Wright (Sous-ministre adjointe, Sciences) pour le financement qui a rendu possible cet important événement

Table of Contents/ Table de matières

Abstract/Résumé iii

Acknowledgements/ Remerciements v

Session/ Séance 1 : New technology and methods for fisheries science: applications in biology, modelling, hydrography and hydroacoustics/ Nouvelles techniques et méthodes des sciences halieutiques : applications en biologie, en modélisation, en hydrographie et en hydroacoustique 1

Preamble/ Préambule - *Ross Claytor, Maritimes Region/ Région des Maritimes* 1

Topic/ Thème 1 : Assessment Methods/ Méthodes d'évaluation 3

Electronic catch recording technology in the LFA 34 lobster fishery/ Technologie d'enregistrement électronique des prises dans la pêcherie du homard de la ZPH 34 - *Cheryl Frail* 3

Change-in-ratio estimates of lobster exploitation rate using sampling concurrent with fishing/ Estimations par la méthode de la variation du rapport du taux d'exploitation du homard reposant sur l'échantillonnage en même temps que la pêche - *Ross Claytor & Jacques Allard* 3

Comparison of winter and summer tagging methods and tagging mortality of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum)/ Comparaison des méthodes d'étiquetage en hiver et en été et de la mortalité due à l'étiquetage du flétan noir, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum) - *Claus S. Simonsen & Margaret A. Treble* 4

Topic/ Thème 2 : Data Management/Sonor Techniques/Gestion des données/techniques de sonar 5

Acoustically assessing Newfoundland capelin: coping with change/ Évaluation acoustique de l'abondance du capelan de Terre-Neuve : composer avec le changement - *Fran Mowbray & Chris Lang* 5

Operational oceanography and data management/ L'océanographie opérationnelle et la gestion des données - *Estelle Couture* 6

The "3-D" coastline of the new Millennium (Managing datums in N-dimension space)/ Le littoral 'tridimensionnel' du nouveau millénaire (gestion des niveaux de référence dans l'espace n-dimensionnel) - *Charles O'Reilly, Herman Varma & Glen King* 7

The Environmental Dataset initiative: Improving scientific access to Canadian Hydrographic Service data/ L'initiative de l'ensemble de données environnementales : amélioration de l'accès des scientifiques aux données du SHC - *Peter Wills* 8

Quantitative studies of multibeam sonar for fisheries applications/ Études quantitatives du sonar multi-fasceaux aux fins d'application aux pêches - *Norman A. Cochrane* 9

Low cost sidescan for hydrographic applications/ Balayage latéral bon marché pour les hydrographes - *Jill Coles* 10

Observations of controlled moving targets with split-beam sonar and implications for detection of migrating adult salmon in rivers/ Observations de cibles contrôlées mobiles avec un sondeur à faisceau scindé et implications pour la détection en rivière de saumons migrateurs adultes - *George Cronkite* 11

Topic/Thème 3 : Habitat Techniques/ Techniques d'étude de l'habitat 12

Integration of acoustic seabed classification into hydrographic surveys/ Intégration de la classification acoustique des fonds marins aux relevés hydrographiques - *James L. Galloway* 12

The development and application of multi-beam sonar technology in fisheries research/ Développement de la technologie du sonar multifaisceaux et application à la recherche sur les poissons - *Gary D. Melvin* 22

Remote sensing and in-situ approaches for definition of sensitive invertebrate fisheries habitat and evaluation of coastal development impacts/ Télédétection et approches in situ pour définir les habitats fragiles d'invertébrés exploitables et évaluer les incidences de l'aménagement du littoral - *Peter Lawton* 22

Physical and thermal habitat of lake trout in boreal lakes: Insights from acoustic telemetry/ Habitat physique et thermique du touladi dans les lacs boréaux : étude de télémétrie acoustique - *Paul Blanchfield & Lori Flavelle* 23

Hydroacoustic application to forage fish and ecosystem understanding/ Application de l'hydroacoustique aux espèces fourragères et à la compréhension de l'écosystème - *Yvan Simard & Nathalie Roy* 24

The application of hydroacoustics in the Department: Current status and future considerations/ Application de l'hydroacoustique au Ministère : situation actuelle et considérations futures - *J. Andrew Cooper* 25

Discussion Panel/Discussion en groupe: Potential uses of hydroacoustics as a research and development tool/ Utilisations potentielles de l'hydroacoustique comme outil en recherche et développement (*Chair/Président: Jim Carscadden*) **27**

Session/Séance 2 : Modelling of the ecosystem including interactions with physical habitat/ Modélisation de l'écosystème, y compris les interactions avec l'habitat physique **38**

Preamble/ Préambule - Jim Helbig, National Capital Region/ Région de la capitale nationale 38

Topic/Thème 1 : Ecosystem modelling/ Modélisation de l'écosystème 39

Trophodynamic modelling of the Patagonia marine community, south-western South Atlantic, Argentina/ Modélisation trophodynamique de la communauté marine de la Patagonie (Argentine), dans le sud-ouest de l'Atlantique Sud - *Mariano Koen-Alonso & Peter Yodzis* 39

Development of a plankton model for physical-biological modelling in the NW Atlantic/ Développement d'un modèle planctonique pour la modélisation physique-biologique dans l'Atlantique N.O. - *Alain Vezina, Benoit Casault & Svetlana Losa* 39

Modelling circulation and transport in the presence of extensive mussel aquaculture/ Modélisation de la circulation et du transport en présence d'installations de mytiliculture extensive - *Gary Bugden, Edward Horne, Tim Milligan, Barry Hargrave & Peter Cranford* 40

Modelling size dependent predation in the northern Gulf of St. Lawrence foodweb/ Modélisation de la prédation liée à la taille dans le réseau alimentaire du nord du golfe du Saint-Laurent - *Daniel Duplisea & Mike Hammill* 41

Construction of an ecosystem model for the Bay of Quinte, Lake Ontario using ECOPATH with ECOSIM/ Élaboration d'un modèle de l'écosystème de la baie de Quinte (lac Ontario) au moyen des logiciels ECOPATH et ECOSIM - *S. Millard, C.K. Minns, R. Dermott, J. Hoyle, O. Johannsson, M. Munawar, K. Nicholls, R. Randall, K. Seifried & T. Stewart* 49

Bio-physical coupling of ice algae production and export in first year ice (High Canadian Arctic)/ Couplage bio-physique de la production et l'exportation des algues de glace sous couvert de glace de première année (Arctique canadien) - *C. Michel, C.J. Mundy & J. Hanesiak* 50

Topic/Thème 2 : Ecosystem-habitat interactions/ Interactions écosystème-habitat 51

Development of a monitoring system for the management of mollusc culture in Atlantic Canada/ Développement d'un système de surveillance pour la gestion de la culture de mollusque au Canada atlantique - *M. Hardy, T. Landry, L. Comeau & J. Davidson* 51

Constraints on the production of offshore fish food: Exotics in the Great Lakes/ Contraintes sur la production de nourriture du poisson au large : espèces exotiques dans les Grands Lacs - *Ora Johannsson & Michael Arts* 52

Statistical repeatability of euphausiid population size estimates: comparing replicate acoustic surveys and block averaging to geostatistical spatial interpolation methods/ Répétabilité statistique des estimations de populations d'euphausiacés : comparaison de relevés acoustiques répétés avec calcul de moyennes par bloc et de méthodes géostatistiques d'interpolation spatiale - *Stephen J. Romaine, David L. Mackas, & Michael C. Macaulay* 66

Hydrography and ocean science in Marine Protected Areas: Lessons from Musquash/ Hydrographie et océanographie dans les zones de protection marine – leçons tirées de Musquash - *David Monahan, Doug Cartwright, Maria-Ines Buzeta & John Hughes Clark* 79

The 2002 Federal Science and Technology Forum: Perspectives/ Le Forum de 2002 sur les sciences et la technologie du gouvernement federal : perspectives - *William Doubleday* 87

Session/Séance 3 : Advances in freshwater fisheries and habitat science research/ Progrès dans les recherches scientifiques sur les pêches et l'habitat en eau douce **89**

Preamble/ Préambule - Bob Randall, Central and Arctic Region/ Région du Centre et de l'Arctique 89

Topic/ Thème 1 : Freshwater Biodiversity/ Biodiversité des eaux douces 91

Current research on fish species at risk in the Great Lakes basin/ Recherches en cours sur les espèces de poisson en péril dans le bassin des Grands Lacs - *Nicholas E. Mandrak* 91

Developing a key for indigenous larval lampreys of the Great Lakes using genetics, digital imaging, and morphometrics/ Établissement d'une clé pour les larves de lamproies indigènes des Grands Lacs reposant sur la génétique, l'imagerie numérique et la morphométrie - *Margaret Docker,Fraser Neave & Nicholas Mandrak* 91

The role of science in recovery planning for aquatic species at risk: The Sydenham River/ Le rôle des sciences dans la planification du rétablissement des espèces aquatiques en péril : la rivière Sydenham - *Shawn K. Staton* 92

Disappearance of the amphipod *Diporeia* from the lower Great Lakes: Investigating causes/ Disparition de l'amphipode *Diporeia* des Grands Lacs inférieurs : examen des causes - *R. Dermott, M. Munawar, R. Bonnell & S. Carou* 93

A comparative regional risk assessment for Canada's freshwater fish resources/ Évaluation régionale comparative des risques pour les poissons d'eau douce au Canada - *C.K. Minns, C. Chu, N.E. Mandrak & C.N. Bakelaar* 106

Discussion Panel/Discussion en groupe: How do we implement ecosystem-based management?/Comment allons-nous mettre en oeuvre la gestion axée sur les écosystèmes?(*Chair/Président : Serge Labonté*) **107**

Topic/Thème 2 : Freshwater Habitat Science/ Science de l'habitat en eau douce 116

Importance of habitat on the productivity of inland lakes: An experimental approach/ Importance de l'habitat pour la productivité des lacs intérieurs : une approche expérimentale - *Thomas C. Pratt* 116

A spatially-explicit, habitat-based modelling approach for yellow perch populations/ Une approche de modélisation spatialement explicite, reposant sur l'habitat, pour les populations de la perchaude - *S.E. Doka & C.K. Minns* 116

A preliminary assessment of habitat utilization and meso-habitat production within a small freshwater system of insular Newfoundland: Investigating the linkages between lentic and lotic habitats/ Évaluation préliminaire de l'utilisation des habitats et de la production de mésohabitats dans un petit écosystème d'eau douce de l'île de Terre-Neuve : étude des liens entre habitats lentiques et lotiques - *Keith D. Clarke, Martha J. Robertson & David A. Scruton* 117

An adaptive management experiment for instream flows: The Bridge River/ Expérience de gestion adaptative des débits dans la rivière Bridge - *Mike Bradford* 118

Effectiveness of riparian buffers for maintaining hydrologic, thermal and biological functions of small headwater streams/ Efficacité des zones tampons riveraines à maintenir les fonctions hydrologiques, thermiques et biologiques des petits cours d'eau d'amont - *J.S. Macdonald, E.A. MacIsaac, H.E. Herunter & P.G. Beaudry* 119

Effects of marine-derived nutrients from sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) on the productivity of their stream and lake habitats/ Effets des nutriments d'origine marine issus du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) sur la productivité de son habitat fluvial et lacustre - *Erland MacIsaac & Tom Johnston* 120

En route loss during sockeye spawning migrations: The influence of unfavourable environmental conditions in the Fraser River/ Pertes sur la route de migration de frai du saumon rouge : L'influence des conditions environnementale défavorables dans le fleuve Fraser - *J. Stevenson Macdonald, Ian Guthrie & David Patterson* 121

Fish and invertebrate populations of natural, dyked and riprapped banks of the Assiniboine and Red Rivers, Manitoba/ Populations de poissons et d'invertébrés en bordure des rives naturelles, protégées par des digues et protégées par des enrochements des rivières Assiniboine et Rouge, au Manitoba - *D.A. Watkinson, W.G. Franzin & C.L. Podemski* 131

Magpie River ramping rate study: Testing the effects of rapid flow changes on downstream ecology/ Étude du taux de ramping de débit controlé de la rivière Magpie : examen des effets de changements rapides du débit sur l'écologie des eaux d'aval - *K.E. Smokorowski* 131

Topic/Thème 3 : Freshwater Ecotoxicology/ Écotoxicologie des eaux douces 132

Effects of rainbow smelt invasion on mercury concentrations of piscivorous fishes in boreal lakes/ Effets de l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel sur les teneurs en mercure chez les poissons piscivores des lacs boréaux - *Tom Johnston* 132

Metals and metallothionein in fish impacted by uranium mining in northern Saskatchewan/ Teneur en métaux et en métallothionéine chez le poisson perturbé par l'exploitation minière de l'uranium dans le nord de la Saskatchewan - *Christopher L. Baron, Jack F. Klaverkamp, Bruce W. Fallis & Kerry G. Wautier* 133

Responses of the ELA Lake 260 crustacean plankton community following two years of synthetic hormone additions/ Réactions de la communauté des crustacés planctoniques du lac 260 de la région des lacs expérimentaux aux apports d'une hormone de synthèse étalés sur deux ans - *Alex Salki* 147

Poster Session/ Présentation par affiches **149**

DFO-National Capital Region Science Sector Intranet/ Site intranet des Sciences du MPO-Région de la capitale nationale - *Paul Asselin* 149

Present and future opportunities for marine research in the Arctic/ Possibilités actuelles et futures de recherches sur le milieu marin de l'Arctique - *Martin Bergmann* 149

The C-Survey At-Sea Automated Data Entry System/ Le système d'entrée automatisé des données C-Survey - *Clarence Bourque* 151

Comparison of point and line transect methods for surveying fish assemblages in littoral habitats of the lower Great Lakes/ Méthodes comparative de relevé par point et transect de l'assemblage de poissons dans la zone littorale dans le secteur sud des Grands Lacs - *Christine M. Brousseau, Robert G. Randall, Mandi G. Clark & Charles K. Minns* 151

River water temperature models: Application to New Brunswick rivers/ Modèles de la température de l'eau des rivières : application à des rivières du Nouveau-Brunswick - *Daniel Caissie* 153

Modelling tsunami heights and currents in British Columbia harbours from Cascadia megathrust earthquake/ Modélisation de la hauteur d'un tsunami et des courants dans les havres de la Colombie-Britannique causés par un séisme de mégacharriage - *Josef Cherniawsky, Fred Stephenson, Vasily Titov & Kelin Wang* 154

Properties of abundance indices obtained from acoustic data collected by inshore herring gillnet boats/ Propriétés des indices d'abondance provenant de données acoustiques recueillies de bateaux côtiers lors de la pêche au hareng avec filets maillants - *Ross Claytor & Jacques Allard* 154

3-D motion-enhanced visualization of acoustic data/ Visualisation améliorée de données acoustiques par une navigation 3-D - *Ken Cooke & Scott Dwyer* 155

Hydroelectric development in Canada: The role of DFO Science/ Aménagement hydroélectrique au Canada : le rôle du Secteur des sciences du MPO - *Jean-Maurice Coutu* 156

Gonad and kidney histology of wild fathead minnow and pearl dace experimentally treated with ethynylestradiol in Lake 260, Experimental Lakes Area, Ontario/ Histologie des gonades et des reins de têtes-de-boule et de mulets perlés sauvages exposés à l'éthynyloestradiol dans le lac 260 de la Région des lacs expérimentaux, en Ontario - *R.E. Evans, V.P. Palace, K. Wautier, C. Baron, J.F. Klaverkamp & K. Kidd* 156

The role of DFO Environmental Science in the aquatic invasive species issue/ Le rôle de la Direction des sciences de l'environnement du MPO dans le dossier des espèces aquatiques envahissantes - *Trudie Forbes* 157

Relationships among physical habitat variables, hydraulics and predictions of fish electroshocking CPUE/ Relations entre les variables physiques de l'habitat, l'hydraulique et les prévisions des PUE de poissons par électropêche - *William G. Franzin & Patrick A. Nelson* 158

Evaluating sample stratification for shrimp assessments using acoustic seabed classification information/ Évaluer l'échantillonnage stratifié pour l'évaluation des stocks de crevettes en utilisant les renseignements de classification des fonds marins par acoustique - *James L. Galloway & James A. Boutillier* 159

Seasonal circulation and transport mechanism across the outer Laurentian Channel/ Mécanisme de transport et circulation saisonnière dans la partie extérieure du chenal Laurentien - *Guoqi Han* 161

Seasonal migrations of Atlantic salmon and the movement of fish into tributary spawning areas/ Migrations saisonnières du saumon de l'Atlantique et sa remonte dans les aires de fraie des tributaires de la rivière Miramichi - *John Hayward & Gerald Chaput* 177

Range determination of anadromous and freshwater inconnu (*Stenodus leucichthys*) in the Mackenzie River basin, Northwest Territories using scanning proton microprobe analysis of otolith strontium/ Détermination des aires de répartition de la forme anadrome et de la forme d'eau douce de l'inconnu (*Stenodus leucichthys*) dans le bassin du fleuve Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest) au moyen de l'analyse du strontium contenu dans les otolithes par microsonde à proton à balayage - *K.L. Howland, D. Chiperzak, R.F. Tallman, W.M. Tonn & M. Gendron* 177

Reponses to the simulated increase of sockeye carcasses in ultra-oligotrophic Chilko Lake, British Columbia/ Effets de l'augmentation simulée de la quantité de carcasses de saumons rouges dans le lac Chilko ultra-oligotrophe (Colombie-Britannique) - *Jeremy Hume, Ken Shortreed, Ken Morton, Erland MacIsaac & Mike Bradford* 178

Individual condition as a criterion for evaluating physical changes to habitat of marine benthic communities/ La condition individuelle comme indicateur des changements dans l'habitat des communautés marines benthiques - *R. Larocque & J.-D. Dutil* 179

Monitoring ecosystem processes during spring and early summer at a first-year sea ice station, in the High Canadian Arctic/ Suivi de processus écosystémiques pendant le printemps et le début de l'été, à une station de glace de première année dans l'Arctique canadien - *Bernard LeBlanc, Christine Michel, Grant Ingram & Rick Marsden* 180

Patterns of freshwater fish diversity in Canada/ Patrons de la diversité des poissons d'eau douce au Canada - *Nicholas E. Mandrak* 182

Blood parameters of aquaculture salmonids from nets of different depths during overwintering at Bay d'Espoir, Newfoundland/ Paramètres sanguins chez des salmonidés d'élevage passant l'hiver dans des cages mouillées à différentes profondeurs dans la baie d'Espoir (Terre-Neuve) - *Atef Mansour, Vern Pepper, Christopher Holloway, Terry Nicholls & Daryl Whelan* 182

Stock delineation of white hake (*Urophycis musicki*) in the southern Gulf of St. Lawrence: Applicability of parasites as bioindicators/ Délimitation des stocks de merluche blanche (*Urophycis tenuis*) du sud du golfe du Saint-Laurent : utilisation possible de parasites comme bioindicateurs - *Jason Melendy* 194

Lakes within landscapes: Variation in trophic status in a chain of three large sockeye nursery lakes in north-central British Columbia/ Les lacs dans le paysage: variation du niveau trophique de trois grands lacs d'alevinage du saumon rouge formant une chaîne dans le centre-nord de la Colombie-Britannique - *Ken Morton, Ken Shortreed & Jeremy Hume* 194

The development of an ice algae bloom in relation to the optical properties of a changing snow and first-year sea ice cover near Resolute, Nunavut/ Le développement d'une floraison d'algues de glace en relation avec les propriétés optiques changeantes du couvert de neige et de glace de mer annuelle, près de Resolute, Nunavut - *C.J. Mundy, D.G. Barber & C. Michel* 195

The use of acoustic ground discrimination as a precursor to the estimation of shellfish abundance/ Utilisation de la discrimination acoustique des fonds marins comme précurseur de l'estimation de l'abondance de mollusques ou de crustacés - *K.S. Naidu & E.M. Seward* 196

Issues related to exotic and invasive species in aquatic ecosystems/ Problèmes imputables à la présence d'espèces exotiques et d'espèces envahissantes dans les écosystèmes aquatiques - *Arthur J. Niimi* 202

An evaluation of lake bottom sediment as an environmental indicator/ Évaluation de l'utilité des sédiments lacustres en tant qu'indicateur environnemental - *Liisa Peramaki* 202

Variation in contribution of energy sources to the growth of juvenile chinook salmon in small stream of the Yukon River basin/ Variation de la contribution des sources d'énergie à la croissance du saumon quinnat juvénile dans des ruisseaux du bassin du fleuve Yukon - *R.W. Perry, M.J. Bradford & J.A. Grout* 203

ICYCLER: A moored energy conserving profiler/ ICYCLER, un profileur sous-marin captif économe d'énergie - *S. Prinsenberg & G. Fowler* 204

The GeoPortal, an open, standards-based Web-based service architecture, is an enabling agent to facilitate the use of geospatial contents and geospatial services for community portals/ Le GéoPortail, une architecture ouverte standard de services axés sur le Web qui facilite l'utilisation de contenus et de services géospatiaux dans les portails de collectivités - *Dave Pugh & Don Vachon* 205

Fish productivity and habitat productive capacity: definitions, indices, units of field measurement, and a need for standardized terminology/ Productivité du poisson et capacité de production de l'habitat : définitions, indices, unités de mesure sur le terrain et le besoin de normaliser la terminologie - *R.G. Randall* 206

Sentinels" of the St. Lawrence Gulf: Fishermen implications in groundfish stock assessments/ Les 'sentinels' du Golfe du Saintt-Laurent : participation des pêcheurs aux evaluations de stocks - *Amélie Rondeau* 207

Riverine habitat classification in Newfoundland and approaches to measurement of habitat productive capacity, and/or surrogates, for stream salmonids/ Classification des habitats fluviaux de Terre-Neuve et méthodes de mesure de la capacité de production des habitats et/ou de substituts pour les salmonidés - *David Scruton* 208

Incorporating uncertainty into the selection of Great Lakes tributaries for lampricide application/ Inclusion de l'incertitude dans le classement des tributaires des Grands Lacs par ordre de priorité pour l'application de lampricide - *Todd B. Steeves, Robert J. Young & Michael L. Jones* 208

Strategic funding in Environmental Science/ Financement stratégique en sciences de l'environnement - *Mike Stoneman* 209

***In vitro* biotransformation of perfluorooctane sulfonamide (FOSA) and ethyl perfluorooctane sulfonamide (N-EtFOSA) by rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) liver microsomes/ Biotransformation in vitro du perfluoro-octanesulfonamide (FOSA) et du N-éthylperfluoro-octanesulfonamide (N-EtFOSA) dans les microsomes hépatiques chez la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*)** - *Gregg T. Tomy, Sheryl A. Tittlemier, Vince P. Palace, Eric Braekevelt, Wes R. Budakowski, Benjamin P.-Y. Lau, Geoff Eales & James C. Plohman* 210

Demonstration of multibeam technology/ Démonstration d'une technologie multifaisceau - *Paola Travaglini* 211

Dealing with growing pains: An introduction to data warehousing/ Une solution à un problème de croissance : l'entrepôt de données - *Tanya Trivedi & Aaron Carswell* 211

Development of a plankton model for interdisciplinary studies on the Scotian shelf: Application to AZMP Station 2 timeseries/ Élaboration d'un modèle planctonique aux fins d'études interdisciplinaires sur le plateau de la Nouvelle-Écosse : application aux observations de la Station 2 du PZMA - *Alain F. Vézina & Benoit Casault* 221

Evaluation of the potential of mussels *Mytilus edulis* in suspended culture of consuming and/or destroying larval lobster (*Homarus americanus*)/ Évaluation de la capacité des moules d'élevage (*Mytilus edulis*) à ingérer des larves de homards (*Homarus americanus*) et leur causer des blessures ou la mort - *A.M. Weise, L. Gendron, M. Fréchette, P. Ouellet, C.W. McKindsey & L. Girard* 222

Technological advances in sea lamprey (*Petromyzon marinus*) barrier design and trapping efficiency, 1947-2002/ Progrès technologiques réalisés de 1947 à 2002 dans la conception et l'efficacité des barrages contre la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) - *Jerry G. Weise & Andrew Hallett* 223

DFO recovery actions for the endangered Atlantic whitefish (*Coregonus huntsmani*)/ Mesures de rétablissement du corégone d'Acadie (*Coregonus huntsmani*) en voie de disparition prises par le MPO - *J. M. Whitelaw* 223

Appendix 1: Participants **225**

Appendix 2: Evaluation Form Results/ Formulaire d'évaluation - Résultats **232**

Session/ Séance 1 : New technology and methods for fisheries science: Applications in biology, modelling, hydrography and hydroacoustics/ Nouvelles techniques et méthodes des sciences halieutiques : applications en biologie, en modélisation, en hydrographie et en hydroacoustique

Ross Claytor, Maritimes Region/ Région des Maritimes

Preamble:

The new technology and methods for fisheries science consisted of four topic areas: assessment methods, data management, sonar techniques, and habitat techniques. Assessment method papers discussed new ways of collecting or analyzing catch and effort, tagging, or research survey data. The first two papers, discussed improvements in lobster assessments that involve fishers sampling while fishing. Cheryl Frail began the session by describing an electronic logbook system that lobster fishers can use to collect geo-referenced catch and effort data by size over a wider area than has traditionally been possible using sea sampling methods. Ross Claytor presented an extension of change-in-ratio methods to estimate lobster exploitation rates from data collected daily by lobster fishers using standardized monitoring traps. Margaret Treble introduced us to new tagging techniques that reduce mortality and handling for Greenland halibut. Fran Mowbray discussed the errors that may result in hydroacoustic survey estimates from the biological characteristics of capelin, such as spawning condition or vertical migration. Electronic, acoustic, and satellite methods of collecting data are becoming an increasingly important tool in fisheries science. This increase in data presents many challenges for fisheries science. A series of papers demonstrated to us how data managers and fisheries scientists are dealing with these challenges. Estelle Couture presented the Marine Environmental Data Service (MEDS) data centre which has been providing data support for over 20 years and serves as an excellent model for accessibility. Charles O'Reilly demonstrated the improvements in coastal management that we can expect from 3-D seamless integration of land and sea maps. Peter Wills described the Environmental Data Set Initiative that provides users with thematic layers from Natural Resource Map bathymetry, bottom classification, coastline, and low water data. Each of these presentations emphasized that data management is too often lacking the prominence that it deserves as one of the key elements of operational oceanography. Multibeam sonar techniques are used in a wide variety of fisheries science applications. Norm Cochrane presented work that has been concentrating on quantifying multibeam data for pelagic schooling species. Jill Coles presented an interesting relatively low-cost system for acquiring sonar data and George Cronkite moved into the freshwater environment and showed us how sonar could be used to track salmon in rivers. Quantifying and understanding how habitat type interacts with biology is an important new area of study that has been opened up by novel uses of sonar, video, and traditional field techniques. Acoustic seabed classification was the subject of James Galloway's presentation. He showed how these data could be integrated into biological studies. Gary Melvin provided examples of how sonar can be used to provide real-time information on pelagic school behaviour, vessel avoidance, and species interactions. Peter Lawton brought us back to lobster. He showed how his group is linking sonar and diving studies to understand lobster habitat interactions. Paul Blanchfield used fish tagged with depth-sensing acoustic tags to understand the thermal niche of lake trout. Nathalie Roy provided an example of an ecosystem study on forage fish using hydracoustics as its fundemental data collection. Andrew Cooper provided an overview of how hydroacoustics has been and could be used by fisheries scientists in the Department of Fisheries and Oceans.

Préambule:

Le thème des nouvelles méthodes et technologies en sciences halieutiques regroupait quatre sujets : méthodes d'évaluation, gestion des données, techniques de sonar et techniques d'étude de l'habitat. Les

communications sur les méthodes d'évaluation ont abordé de nouveaux moyens de recueillir ou d'analyser des données de captures et d'effort de pêche, d'études de marquage ou de relevés scientifiques. Les deux premières communications ont porté sur la collecte de données par les pêcheurs afin d'améliorer les évaluations des stocks de homards : Cheryl Frail a décrit un registre de pêche électronique dont les pêcheurs de homards peuvent se servir pour recueillir des données géoréférencées sur l'effort et les prises (par taille), ce qui permet de couvrir des zones plus vastes que celles couvertes par les méthodes classiques d'échantillonnage en mer; Ross Claytor a présenté une expansion de la méthode de variation du rapport pour estimer le taux d'exploitation du homard à partir de données obtenues quotidiennement par des pêcheurs utilisant des casiers de surveillance normalisés. Margaret Treble a présenté de nouvelles techniques de marquage qui réduisent la manutention et la mortalité du flétan noir. Fran Mowbray a discuté des erreurs d'estimation par relevé acoustique pouvant être causées par les caractéristiques biologiques du capelan (reproduction ou migration verticale). Les méthodes électroniques, acoustiques et satellitaires de collecte de données constituent des outils de plus en plus importants en sciences halieutiques, mais l'énorme quantité de données qu'ils fournissent présente de nombreux défis. Une série de communications ont porté sur les façons dont les gestionnaires de données et les scientifiques des sciences relèvent ces défis. Estelle Couture a présenté le Service des données sur le milieu marin (SDMM) qui offre du soutien en matière de données depuis plus de 20 ans et constitue un excellent modèle d'accessibilité. Charles O'Reilly a exposé comment l'intégration tridimensionnelle des cartes terrestres et des cartes marines devrait permettre d'améliorer la gestion côtière. Peter Wills a décrit l'Initiative de l'ensemble de données environnementales qui fournit aux utilisateurs des couches thématiques des Cartes des ressources naturelles sur la bathymétrie, la classification des fonds, les lignes de rivage et les laisses de basse mer. Chacun de ces conférenciers a souligné qu'on n'accorde souvent pas à la gestion des données l'importance qu'elle mérite en tant qu'élément essentiel de l'océanographie opérationnelle. Les techniques de sonar multi-faisceaux sont utilisées dans un large éventail d'applications en sciences halieutiques. Norm Cochrane a présenté des travaux de quantification de données multi-faisceaux sur des espèces de poissons grégaires. Jill Coles a présenté un intéressant système relativement peu coûteux pour l'acquisition de données sonar, tandis que, du côté des eaux douces, George Cronkite nous a montré comment le sonar peut servir à faire le suivi du saumon dans les rivières. La quantification et la compréhension des liens entre les types d'habitat et la biologie constituent un important nouveau domaine d'études rendu possible par de nouvelles utilisations du sonar et de la vidéo, en plus des techniques de terrain classiques. James Galloway a montré comment les données de classification des fonds marins peuvent être intégrées à des études biologiques. Gary Melvin a donné des exemples de l'utilisation du sonar pour obtenir des données en temps réel sur le comportement des poissons pélagiques grégaires, l'évitement des bateaux et les interactions entre espèces. Peter Lawton a montré comment son équipe combine l'utilisation du sonar et d'études en plongée pour comprendre les interactions du homard et de son habitat. Paul Blanchfield a fixé à des touladis des d'émetteurs acoustiques qui détectent la profondeur afin d'étudier leur niche thermique. Nathalie Roy a donné un exemple d'une étude écosystémique de poissons fourrages fondée sur des données hydroacoustiques. Andrew Cooper a donné un aperçu des utilisations actuelles et éventuelles de l'hydroacoustique par les scientifiques des pêches du ministère des Pêches et des Océans.

Session/ Séance 1 : New technology and methods for fisheries science/ Nouvelles techniques et méthodes des sciences halieutiques

Topic/ Thème 1 : Assessment Methods/ Méthodes d'évaluation

Electronic catch recording technology in the LFA 34 lobster fishery/ Technologie d'enregistrement électronique des prises dans la pêcherie du homard de la ZPH 34.

Cheryl Frail, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2A 4A2 Tel.: (902) 426-5448 Fax: (902) 426-1862 E-mail: FrailC@mar.dfo-mpo.gc.ca / Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2A 4A2 Tél. : (902) 426-5448 Téléc. : (902) 426-1862 Courriel : FrailC@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: During the 2001/2002 lobster season in Southwest Nova Scotia, Lobster Fishing Area (LFA) 34, 8 fishermen used an electronic log to record lobster catch, effort, and location data. Catch data was collected by three size classes, sublegal (<82.5mm carapace length (CL)), legal (82.5mm to 127mm CL), and oversized (>127mm CL). Data was also collected by at sea sampling where each lobster caught on a particular sea trip is measured to the nearest millimeter. While the at sea samples provided greater detail for a specific day and location, the electronic logs provided data over a wider area and for more days fished. Where the two data sets overlapped spatially and temporally, the size compositions were compared by season (fall, winter and spring). The data sets matched in most cases. A combination of the two data collection methods will provide a more complete understanding the LFA 34 lobster fishery.

Résumé: Pendant la saison de pêche du homard 2001/2002, dans le sud-ouest de la Nouvelle-Écosse, Zone de Pêche du Homard (ZPH) 34, huit pêcheurs ont utilisés des livres de bord électroniques pour enregistrer leurs prises de homard, leurs efforts et positions. Les données sur leurs prises ont été collectionnées d'après trois catégories de tailles; sous-légal (< 82.5 mm longueur de la carapace (LC)), légal (82.5 mm à 127 mm LC), et les grande tailles (> 127 mm LC). Des données ont aussi été collectionnés par échantillonnage en mer où chaque homard attrappé durant un voyage en mer en particulier est mesuré au millimètre près. Pendant que l'échantilonnage en mer donne plus de détail pour une journée et un endroit spécifique, le livre de bord électronique fourni des données sur une plus grande région et pendant plusieurs jours de pêche. La composition des tailles est comparé entre les saisons (automne, hiver et printemps), où les deux séries de données spatio-temporelles se superpose. Les deux sources de données sont semblables dans la majorité des cas. Une combinaison des deux méthodes de collections de données va fournir une meilleur compréhension de la pêhes au homard de la ZPH 34.

Change-in-ratio estimates of lobster exploitation rate using sampling concurrent with fishing/ Estimations par la méthode de la variation du rapport du taux d'exploitation du homard reposant sur l'échantillonnage en même temps que la pêche.

Ross Claytor, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography,1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2A 4A2 Tel.: (902) 426-4721 Fax: (902) 426-1862 E-mail : ClaytorR@mar.dfo-mpo.gc.ca *and* Jacques Allard, Department of Mathematics and Statistics, University of Moncton, Moncton, New Brunswick E1A 3E9 Tel.: (506) 866-2655 Fax: (506) 853-7580 / Ross Claytor, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-4721 Téléc. : (902) 426-1862 Courriel : ClaytorR@mar.dfo-mpo.gc.ca *et* Jacques Allard, Université de Moncton, Département de mathématiques et de statistique, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1A 3E9 Tél. : (506) 866-2655 Téléc. : (506) 853-7580

Abstract: We present a method for estimating lobster exploitation rate based on monitoring trap sampling by fishers concurrent with fishing. A change-in-ratio estimate using an exploited class and an unexploited reference length-class is developed. The data originates from 100+ lobster fishermen participating in Nova Scotia, Canada fall and spring lobster fisheries. The exploitation rate estimate is obtained by fitting a non-linear model to ratios of catch of exploited lobsters to (catch of exploited lobsters + reference lobsters) as a function of the cumulative catch. Confidence intervals are obtained by bootstrapping. Best estimates are obtained where the exploited and reference length-classes are adjacent and narrow. Simulations demonstrate the consequences of violating model assumptions. Exploitation rate estimates are given for the Nova Scotia fisheries, with decline observed for length-classes where the minimum legal carapace length has been increased. This method is cost-efficient because the data can be collected during regular fishing activity and it can provide daily, spatial, and length specific estimates of exploitation rate. Sampling by fishers leads to cooperation with industry and helps create a transparent stock assessment process. Future research should concentrate on developing optimal sampling designs and combining these surveys with tagging experiments.

Résumé: Nous présentons une méthode pour estimer le taux d'exploitation du homard reposant sur l'échantillonnage par les pêcheurs de casiers de contrôle en même temps qu'ils pêchent. Nous avons élaboré une méthode d'estimation de la variation du rapport entre une classe de longueur exploitée et une classe de référence inexploitée reposant sur des données provenant de quelque 100 pêcheurs qui pratiquent la pêche du homard au printemps et à l'automne en Nouvelle-Écosse, au Canada. Nous avons obtenu les estimations du taux d'exploitation en ajustant un modèle non linéaire à l'aide des rapports entre les prises de homards exploités et les (prises de homards exploités + nombre de homards de référence), modèle pris comme une fonction des prises cumulatives, et nous avons utilisé la méthode bootstrap pour calculer les intervalles de confiance. Les meilleures estimations ont été obtenues lorsque les classes de taille exploitées et de référence étaient serrées et adjacentes. Des simulations ont permis de démontrer les conséquences de ne pas respecter les hypothèses du modèle. Nous présentons des estimations du taux d'exploitation pour les pêches pratiquées en Nouvelle-Écosse, qui ont révélé un déclin chez les classes de longueur lorsque la longueur légale minimale de la carapace a augmenté. Cette méthode est économique parce que les données peuvent être recueillies au cours des activités de pêche régulières et qu'elle permet d'obtenir des estimations quotidiennes, spatiales et par longueur du taux d'exploitation. En outre, l'échantillonnage effectué par les pêcheurs mène à la coopération avec l'industrie et aide à établir un processus transparent d'évaluation des stocks. Les recherches futures devraient être axées sur l'élaboration de plans d'échantillonnage optimals et l'inclusion de ceux-ci dans des expériences d'étiquetage.

Comparison of winter and summer tagging methods and tagging mortality of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum)/ Comparaison des méthodes d'étiquetage en hiver et en été et de la mortalité due à l'étiquetage du flétan noir, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum).

Claus S. Simonsen[A], Greenland Institute of Natural Resources, P.O. Box 570, DK-3900 Nuuk, Greenland E-mail: claus@natur.gl *and* Margaret A. Treble[A], Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 984-0985 Fax: (204) 984-2403 E-mail: TrebleM@dfo-mpo.gc.ca [A] *authorship equal* / Claus S. Simonsen[A], Institut des ressources naturelles du Groenland, C.P. 570, DK-3900, Nuuk, Greenland Courriel : claus@natur.gl *et* Margaret A. Treble[A], Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 984-0985 Téléc. : (204) 984-2403 Courriel : TrebleM@dfo-mpo.gc.ca [A] Auteurs à parts égales

Abstract: Tagging mortality for Greenland halibut was studied under summer and winter conditions. The fish were caught using longlines and tagged with a T-bar tag. The winter experiment was conducted in Cumberland Sound, Canada in May 1997. Air temperatures were below 0°C and cold water-masses were present at 0-300 m. Fish were immediately placed in a tub of water after capture and transported by

snowmobile to a heated tent for tagging and then placed in cages that were submerged to 300 m depth. The summer experiment was conducted in Upernavik, Greenland in August 1998. Air temperatures were above 0°C, but intermediate cold water-masses were present at 50-200 m. In the summer experiment, fish were tagged and released in a holding tank to assess immediate tagging mortality (0 to 18 h), placed in specially designed cages and submerged to 300-500 m to assess short-term tagging mortality (up to 117 h). A total of 155 Greenland halibut were included in the study. Overall tagging mortality was estimated to be 7%. Immediate handling and tagging mortality in both the winter and summer experiments was low (<5%) while short-term mortality was 4% overall. There was no significant difference in mortality rates between seasons. There was a significant correlation between the fish's condition and mortality. The study showed that tagging under harsh winter conditions is just as possible as under summer conditions as long as exposure to sub-zero air / water temperatures are minimized. Our study further suggests that holding the tagged fish in an observation tank for a period of 5 h or more could reduce the tagging mortality on released fish.

Excerpts from the paper: Simonsen, C.S. and Treble, M.A. In press. Tagging mortality of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum). J. Northw. Atl. Fish. Sci., xx; 16 p.

Résumé: Nous avons étudié la mortalité du flétan noir due à son marquage l'été ou l'hiver. On a posé des étiquettes en T à des poissons capturés à la palangre. L'expérience d'hiver a été réalisée en mai 1997 dans la baie Cumberland (Canada). La température de l'air y était inférieure à 0 °C, et des masses d'eau froide étaient présentes de 0 à 300 m. On a immédiatement mis les poissons capturés dans un bac d'eau et on les a transportés en motoneige à une tente chauffée pour l'étiquetage, puis placés dans des cages que l'on a submergées à une profondeur de 300 m. L'expérience d'été s'est déroulée en août 1998 à Upernavik (Groenland) : la température de l'air était supérieure à 0 °C, et des masses d'eau froide intermédiaires étaient présentes entre 50 et 200 m. Après l'étiquetage des poissons capturés l'été, on les a gardés dans un vivier pour évaluer leur mortalité immédiate (de 0 à 18 h), puis placés dans des cages spécialement conçues que l'on a mouillées à 300-500 m pour évaluer la mortalité à court terme (jusqu'à 117 h). L'étude a porté sur 155 flétans noirs au total. Nous avons estimé à 7 % la mortalité globale due à l'étiquetage. La mortalité immédiate attribuable à la manipulation et à l'étiquetage des poissons était faible (< 5 %) tant l'été que l'hiver, tandis que la mortalité globale à court terme était de 4 %. Les taux de mortalité ne présentaient aucune différence significative entre l'été et l'hiver, mais nous avons observé une corrélation significative entre la condition du poisson et la mortalité. L'étude montre qu'il est tout aussi possible d'étiqueter le flétan noir dans des conditions hivernales rigoureuses qu'en conditions estivales, pourvu que l'on réduise au minimum l'exposition à des températures de l'air ou de l'eau inférieures à zéro. De plus, notre étude indique que l'on pourrait réduire la mortalité due à l'étiquetage en gardant le poisson sous observation dans un vivier pendant au moins cinq heures.

Extraits de l'article : Simonsen, C.S. et Treble, M.A. Sous presse. Tagging mortality of Greenland halibut, *Reinhardtius hippoglossoides* (Walbaum). J. Northw. Atl. Fish. Sci., xx; 16 p.

Session/ Séance 1 : New technology and methods for fisheries science/ Nouvelles techniques et méthodes des sciences halieutiques

Topic/ Thème 2 : Data Management/Sonor Techniques/Gestion des données/techniques de sonar

Acoustically assessing Newfoundland capelin: coping with change/ Évaluation acoustique de l'abondance du capelan de Terre-Neuve : composer avec le changement. Fran Mowbray and Chris Lang, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, Northwest Atlantic Fisheries Centre, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-5542 *or* (709) 772-4952 Fax: (709) 772-4188 *or* (709) 772-4105 E-mail: MowbrayF@dfo-mpo.gc.ca *or*

LangCh@dfo-mpo.gc.ca / Fran Mowbray et Chris Lang, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, C.P. 5667, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-5542 *ou* (709) 772-4952 Téléc. : (709) 772-4188 *ou* (709) 772-4105 Courriel : MowbrayF@dfo-mpo.gc.ca *ou* LangCh@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Capelin offshore Newfoundland have been acoustically surveyed annually for nearly two decades. During this period, there have been technological advances as well as changes in capelin behaviour and biology. In the technological domain, the sensitivity and accuracy of the acoustic systems increased as the dual beam analogue system (EK400) was replaced by a split beam digital echosounder system (EK500) and standard sphere calibration techniques were substituted for hydrophone methods. Survey vessels and fishing gears also changed, as did various biological characteristics of the capelin such as spatial and vertical distribution patterns, size composition, timing of spawning and size at maturation. Many of these factors contribute either directly or indirectly to the error in the acoustic estimate of absolute abundance; namely survey design, detectability and target strength estimation. This study partitions the time series into a series of periods, each with a particular combination of technological and biological characteristics. Error distributions, specific to each period are then developed for each main error source. Error distributions are then used in a Monte Carlo simulation to develop confidence limits associated with the annual estimates, allowing comparison of abundance among periods in spite of changing survey conditions.

Résumé: Depuis presque deux décennies, on effectue un relevé acoustique annuel du capelan au large de Terre-Neuve. Cette période a été marquée par des progrès technologiques et des modifications du comportement et de la biologie du capelan. Côté technologique, on a accru la sensibilité et l'exactitude des appareils acoustiques en remplaçant le système analogique à double faisceau (EK400) par un système d'échosondeur numérique à faisceau partagé (EK500), ainsi que l'étalonnage aux hydrophones par des techniques d'étalonnage par sphère standard. Les navires de relevé et les engins de pêche ont aussi changé, tout comme diverses caractéristiques biologiques du capelan, telles la répartition horizontale et verticale, la composition par taille, le moment de la fraie et la taille à maturité. Plusieurs de ces facteurs contribuent directement ou indirectement à l'erreur de l'estimation acoustique de l'abondance absolue, notamment la conception du relevé, la détectabilité et l'estimation de l'indice de réflexion de cible. Dans cette étude, nous divisons la série chronologique en plusieurs périodes qui présentent chacune une combinaison particulière de caractéristiques technologiques et biologiques. Nous établissons ensuite les distributions des erreurs propres à chaque période pour chacune des principales sources d'erreur. Nous appliquons ensuite une simulation Monte Carlo à ces distributions des erreurs pour obtenir les limites de confiance associées aux estimations annuelles, ce qui permet de comparer les données d'abondance d'une période à l'autre, malgré les différentes conditions de relevé.

Operational oceanography and data management/ L'océanographie opérationnelle et la gestion des données.

Estelle Couture, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Marine Environmental Data Service, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 990-0259 E-mail: couture@meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca / Estelle Couture, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Service de données sur le milieu marin, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 990-0259 Courriel : couture@meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The ocean are vast, difficult and expensive to instrument. National and international collaborations are essential to bring together efforts and assets to implement observing systems and conduct operational oceanography for the assessment and prediction the state of the oceans. In order to deliver operational oceanography, the most important factor is the good quality of the data to generate good quality products to help scientist and other clients make decisions. Data management is too often lacking the prominence that it deserves but it is most undoubtedly one of the key elements of operational oceanography.

In 2001, the Joint Commission on Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM) was formed to provide international coordination of operational oceanography and meteorology programmes of the world. JCOMM recognises the importance of good data management and has included it as one of its four main components. The Marine Environmental Data Service (MEDS), Canada's oceanographic data centre, has been involved in operational oceanography for over 20 years both nationally and internationally. MEDS plays a key role in the data management of drifting buoys, moored buoys and ship observations on a global scale. In Canada, MEDS is the national archive for water level and wave data, and participates in the Atlantic Zone Monitoring Programme (AZMP) to deliver operational products to the community in collaboration with various DFO institutes and other departments. MEDS is also the Canadian Argo data centre and generates products on a daily basis.

Résumé: Les océans sont immenses et il est difficile et dispendieux de les échantillonner. La collaboration nationale et internationale devient donc essentielle à la mise en oeuvre des systèmes d'observations et à l'exécution de l'océanographie opérationnelle dans le but d'évaluer et de prédire l'état des océans. Le facteur le plus important à l'océanographie opérationnelle est la bonne qualité des données qui serviront à générer des produits de bonne qualité et qui, à leur tour aideront aux scientifiques et autres usagers à prendre des décisions. La gestion des données n'a trop souvent pas la place qu'elle mérite mais elle est sans aucun doute un des éléments clé de l'océanographie opérationnelle.

En 2001, la Comission technique mixte d'océanographie et de météorologie maritime (CMOM) a été formée afin de faire la coordination internationale des programmes opérationnels d'océanographie et de météorologie. Le Service de données sur le milieu marin (SDMM), qui est le centre de données océanographique du Canada, participe a des activités d'océanographie opérationnelle depuis plus de 20 ans aux niveaux national et international. Le SDMM joue un rôle clé à l'échelle mondiale en matière de gestion des données de bouées dérivantes, de bouées mouillées et d'observations par les navires occasionnels. Au Canada, le SDMM est le centre de données national des données de niveaux d'eau et de vagues et participe aux activités du Programme de monitorage de la zone Atlantique (PMZA). Le SDMM développe des produits opérationnels en collaboration avec différents instituts du MPO at autres ministères. Le SDMM est aussi le centre de données Canadien du projet Argo et de plus, il génère des produits quotidiennement.

The "3-D" coastline of the new Millennium (Managing datums in N-dimension space)/ Le littoral « tridimensionnel » du nouveau millénaire (gestion des niveaux de référence dans l'espace n-dimensionnel).

Charles O'Reilly, Herman Varma and Glen King. Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Canadian Hydrographic Service, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-5344 Fax: (902) 426-1893 E-mail: OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca / Charles O'Reilly, Herman Varma et Glen King, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Service hydrographique du Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-5344 Téléc. : (902) 426-1893 Courriel : OReillyC@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Remote Sensing and GPS technologies have produced very high-resolution digital elevation models (DEMS) of topographic landforms. Airborne marine and terrestrial laser (LIDAR) has created DEMs in shallow water, inter-tidal and adjacent coastal areas with near decimeter precision. The "seamless" integration of land and sea requires an intimate knowledge of vertical and horizontal datums to understand and manage the diverse nature of coastal information. Up to now, land and sea datasets were traditionally managed as separate entities. The extended coastal zone contains many serious and pressing issues. Property ownership, legal boundaries and land use policies are growing concerns for hydrographers, geomorphologists, coastal engineers and environmental researchers.

Coastlines are not two dimensional lines on paper, but in reality are three dimensional landforms undergoing very dynamic physical changes. Remote Sensing has successfully created high resolution 3-D baseline maps in low-lying areas under threat of coastal flooding, rising sea level and tsnuami run-up.

This presentation discusses several applications of merging land and sea datasets for coastal zone management. Stakeholders include all levels of governments, the insurance industry, Emergency Measures Organizations and National Defence, as well as numerous environmental and marine interests affected by climate change.

Résumé: Les technologies de la télédétection et du GPS ont fourni des modèles altimétriques numériques (MAN) de très grande résolution pour la représentation de la topographie. L'utilisation du laser (LIDAR) aéroporté et au sol permet la création de MAN d'une précision quasi décimétrique des étendues d'eau peu profondes de la zone intertidale et des régions côtières adjacentes. L'intégration « sans joint » des représentations des étendues de terre et d'eau exige une connaissance approfondie des plans et des systèmes de référence pour la compréhension et la gestion du caractère diversifié de l'information relative aux littoraux. Jusqu'à maintenant les jeux de données sur les étendues marines et terrestres ont été gérés comme des entités distinctes. La zone littorale élargie pose un grand nombre de problèmes sérieux et pressants. La propriété foncière, les limites officielles et les politiques en matière d'utilisation des terres constituent des préoccupations croissantes pour les hydrographes, les géomorphologues et les ingénieurs des travaux maritimes et les chercheurs spécialisés en environnement.

The Environmental Dataset initiative: Improving scientific access to Canadian Hydrographic Service data/ L'initiative de l'ensemble de données environnementales : amélioration de l'accès des scientifiques aux données du SHC.

Peter Wills, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Canadian Hydrographic Service, Institute of Ocean Sciences, P.O. Box 6000, Sidney, British Columbia V8L 4B2 Tel.: (250) 363-6312 Fax: (250) 363-6841 E-mail: WillsP@pac.dfo-mpo.gc.ca / Peter Wills, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Service hydrographique du Canada, Institut des sciences de la mer, C.P. 6000, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2 Tél. : (250) 363-6312 Téléc. : (250) 363-6841 Courriel: WillsP@pac.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Canadian Hydrographic Service (CHS), Pacific Region, is supporting the Oceans Directorate and other government initiatives by providing base framework data, metadata, and access to CHS-Pacific Data holdings. Increasing access to CHS-Pacific Data Holdings is being carried out in a number of subset projects under the Environmental Dataset initiative. The Environmental Dataset is the conceptual framework providing users customised access to thematic layers, such as: source Natural Resource Map (NRM) bathymetry, bottom classification information and accurate coastline and low water data. Data previously trapped in archive or within the bounds of paper charts. The data covers the extent of British Columbia and is compiled through techniques of data mining, transformation and superceding. The coastline project is a multi-resolution continuous coastline composed of best-scale vector chart coastline. Applying metadata and elevation to the coastline is providing some challenges. Metadata is used by data-producers to describe geo-spatial and other datasets to facilitate data location, appropriate use and purchase by clients. The low-water line is a second phase to the coastline project and a response to the significant interest of scientists and others in the intertidal zone. Web access to CHS data, customised mapping and metadata marketing are inevitable goals to be met by the Environmental Dataset Initiative.

Résumé : La Région du Pacifique du Service hydrographique du Canada (SHC) soutient la Direction générale des océans et d'autres services gouvernementaux en fournissant des données-cadres fondamentales, des métadonnées et l'accès à ses archives de données. L'accès aux archives de données du SHC-Pacifique s'accroît pour un certain nombre de projets menés dans le cadre de l'initiative de l'ensemble de données environnementales. L'ensemble de données environnementales constitue le cadre conceptuel qui offre aux utilisateurs un accès personnalisé à des couches thématiques comme les données d'origine sur la bathymétrie, la classification des fonds et les tracés exacts des lignes de rivage et des laisses de basse mer des Cartes des ressources naturelles. Il s'agit de données qui étaient

auparavant impossibles à extraire des archives ou des cartes sur papier. Couvrant l'ensemble de la Colombie-Britannique, les données sont compilées par des techniques d'exploration, de transformation et de remplacement de données. Le projet des lignes de rivage consiste en un trait de côte continu multirésolutions extrait des cartes vectorielles aux meilleures échelles disponibles. L'application de métadonnées et de données altimétriques à la ligne de rivage pose certaines difficultés. Les producteurs de données se servent de métadonnées pour décrire des jeux de données géospatiales ou autres afin de faciliter la localisation, l'achat et la bonne utilisation de données par les clients. Donnant suite à l'intérêt considérable de scientifiques et d'autres pour la zone intertidale, l'extraction des données de laisses de basse mer constitue la deuxième phase du projet de ligne de rivage. L'accès Internet aux données du SHC, la production de cartes personnalisées et la mise en marché de métadonnées sont des objectifs incontournables de l'initiative de l'ensemble de données environnementales.

Quantitative studies of multibeam sonar for fisheries applications/ Études quantitatives du sonar multi-fasceaux aux fins d'application aux pêches. Norman A. Cochrane. Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Ocean Physics Section, Ocean Sciences Division, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-5172 Fax: (902) 426-2256 E-mail: CochraneN@mar.dfo-mpo.gc.ca / Norman A. Cochrane, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Section de la physique océanique, Division des sciences océanologiques, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-5172 Téléc. : (902) 426-2256 Courriel : CochraneN@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The full volumetric coverage provided by multi-beam sonar for the wide-swath monitoring of schooling pelagics and for fish behavioural studies is most advantageously exploited if acoustic scattering levels are accurately quantified. Exploration of fisheries multi-beam in DFO Maritime Region began in 1966 in partnership with Kongsberg Simrad-Mesotech, UNB, and later, the Pelagics Research Council (now Herring Science Council). This effort has been coordinated out of SABS and supported by DFO's National Hydroacoustic Program and NSERC. BIO's principal contribution has been system simulation, thereby defining the theoretical performance of a multi-beam sonar and providing a firm basis for real system quantification, calibration, and advanced signal processing. Specifically, starting with a theoretical formulation for a truncated arc circular sonar array, methodologies have been developed to extend calibration to a non-ideal 200 kHz Simrad-Mesotech SM 2000 multi-beam enabling precise extraction of target strength and water-column volume backscattering strength. Supplementary multi-beam studies have explored the quantitative distortions imposed by the acoustic near field, provided algorithms for enhanced target angular resolution, and enabled the extraction of bottom bathymetry. A bathymetric data stream extracted simultaneous with water column backscattering provides a potentially powerful technique for the correlation of water column biomass and bottom habitat. These continuing developments elevate multi-beam sonar to the status of a practical and powerful tool for diverse fisheries studies including stock assessment, aquaculture, and habitat/ecological interactions. Theory and preliminary applications have been presented at international conferences, published as DFO Technical Reports, and submitted to the refereed literature.

Résumé : Grâce à leur couverture complète du volume, les sonars multi-faisceaux nous permettent des observations grand angle des bancs de poissons pélagiques et l'étude du comportement des poissons. Toutefois, quantifier de façon précise l'intensité de la diffusion acoustique permettra de mieux exploiter le potentiel de cet outil. C'est en 1966 que débute l'exploration des possibilités des sonars multi-faiseaux pour les pêcheries grâce à un partenariat entre la région des maritimes du MPO, la société Kongsberg Simrad-Mesotech et l'Université du Nouveau-Brunswick auquel s'est joint le Conseil de recherche sur les pélagiques (devenu le Conseil de recherches sur le hareng). Les travaux ont été coordonnés à partir de la Station biologique de St. Andrews et soutenus par le Programme national d'hydroacoustique du MPO et le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie. La contribution principale de l'Institut océanographique de Bedford a été la simulation de systèmes, ce qui a permis de déterminer le rendement théorique d'un sonar multi-faisceaux et de fournir, pour des systèmes réels, une base stable

pour leur quantification, leur étalonnage et le traitement perfectionné de leurs signaux. En particulier, nous avons, à partir de la formulation théorique d'une batterie de sonars distribués sur un arc, mis au point des méthodologies permettant d'étendre l'étalonnage d'un sonar multi-faisceaux SM 2000 de Simrad-Mesotech et déterminer précisément l'intensité de la cible et l'intensité de la rétrodiffusion dans la colonne d'eau. Lors d'études additionnelles sur la détection multi-faisceaux, nous avons exploré les distorsions quantitatives imposées par le champ acoustique proche, ce qui nous a permis de mettre au point des algorithmes permettant d'améliorer la résolution angulaire des cibles et de déterminer la profondeur des fonds. La combinaison d'un flux de données bathymétriques obtenues de concert avec la rétrodiffusion dans la colonne d'eau permettrait de créer une technique puissante de corrélation entre la biomasse vivant dans la colonne d'eau et l'habitat du fond. Grâce à ces développements continus, le sonar multi-faisceaux est devenu un outil pratique et puissant pour les études en pêcheries notamment au chapitre de l'évaluation des stocks, l'aquaculture et l'étude des interactions entre l'écologie et l'habitat. Nous avons présenté la théorie et des utilisations préliminaires des sonars multi-faisceaux, lors de congrès internationaux, en plus d'écrire des articles parus sous la forme de rapports techniques du MPO et dans des journaux scientifiques.

Low cost sidescan for hydrographic applications/ Balayage latéral bon marché pour les hydrographes.

Jill Coles, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4479 Fax: (905) 336-8916 E-mail: ColesJ@dfo-mpo.gc.ca / Jill Coles, Pêches et Océans Canda, Région du Centre et de l'Arctique, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4479 Téléc. : (905) 336-8916 Courriel : ColesJ@dfo-mpo.g.ca

Abstract: Sidescan sonar produces a fan shaped beam of sound that is thin in the along track direction and broad in the across track direction. Acoustic backscatter (not travel time) is recorded as a function of elapsed time. This results in an acoustic image of the seafloor relative to the position of the sonar. Sidescan sonar is not new technology, however modifications to existing instruments have allowed CHS to obtain a low cost hull-mounted sidescan system.

Traditionally sidescan is towed behind a vessel to minimize vessel motion in the sidescan trace. This type of setup is perilous in shallow water. Hull-mounting the sidescan system removes an element of risk, allowing the system to be used in shallower water but also requiring additional data input. Vessel motion must be compensated for in order to have a legible trace. CHS' hull-mounted system consists of two Knudsen 320M sounders, two Airmar 200khz sidescan transducers, one dual frequency single beam transducer, one Honeywell motion sensor, a NovAtel RT2 or RT20 GPS and a sound velocity profiler.

There are four intended uses for this system; firstly as a supplement to single beam data giving 100% bottom coverage, secondly as a search tool for finding reported shoals, thirdly to define digital shoreline and fourthly to optimize survey patterns. Another potential use that may be of interest to members of the scientific community is as a tool giving an indication of bottom type.

Résumé: Le sonar à balayage latéral produit un faisceau d'onde acoustique conique qui est étroit parallèlement à la trajectoire et large transversalement. La rétrodiffusion acoustique (pas le temps de parcours) est enregistrée comme une fonction du temps écoulé. Il en résulte une image acoustique du fond marin par rapport à la position du sonar. Le sonar à balayage latéral ne date pas d'aujourd'hui, mais les modifications apportées ont permis au SHC de produire un système pour coque de navire peu coûteux.

Le balayeur latéral classique est remorqué derrière un navire pour minimiser les mouvements de ce dernier dans la trace du balayeur. Ce type de montage est problématique dans les eaux peu profondes. L'installation du balayeur sur la coque élimine les risques associés à une utilisation par faibles fonds mais elle exige des données additionnelles. Pour que la trace soit lisible, il faut compenser le mouvement du navire. Le système pour coque du SHC se compose de deux sondeurs Knudsen 320M, de deux

transducteurs pour balayage latéral Airmar à 200 khz, d'un transducteur à faisceau unique double fréquence, d'un capteur de mouvement Honeywell, d'un GPS NovAtel RT2 ou RT20 et d'un profileur de la vitesse des ondes acoustiques.

Les quatre utilisations prévues du système sont les suivantes : compléter les données obtenues par faisceau unique pour une couverture totale du fond marin; servir d'outil de recherche pour repérer les hauts-fonds indiqués, définir numériquement le littoral et, enfin, optimiser le tracé du levé. Une autre utilisation possible susceptible d'intéresser les scientifiques est l'acquisition de données permettant de déterminer le type de fond.

Observations of controlled moving targets with split-beam sonar and implications for detection of migrating adult salmon in rivers/ Observations de cibles contrôlées mobiles avec un sondeur à faisceau scindé et implications pour la détection en rivière de saumons migrateurs adultes

George Cronkite, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Pacific Biological Station, 3190 Hammond Bay Road, Nanaimo, British Columbia V9T 6N7 Tel.: (250) 756-7173 Fax: (250) 756-7053 E-mail: CronkiteG@pac.dfo-mpo.gc.ca / George Cronkite, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique Station biologique du Pacifique, 3190, chemin Hammond Bay, Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7 Tél. : (250) 756-7173 Téléc. : (250) 756-7053 Courriel : CronkiteG@pac.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: When measuring the flux of migrating salmon in rivers there are often multiple fish in the beam simultaneously. To obtain accurate measurements of flux, an understanding of the effects of multiple targets is required. Multiple targets in various configurations were passed through a horizontally-oriented 4° x10° beam from a split-beam echo sounder. The effects on target strength, detection probability, spatial and temporal patterns of echoes, and measurement of target position are presented. When multiple targets were in the beam at the same range, the target strength was positively biased, whereas, when they were in-line at different ranges, the target strength and detection probability were negatively biased for the shadowed targets. Targets at the same range, but separated in the vertical or horizontal direction, produced characteristic patterns in the X vs. ping and Y vs. X plots. Similar patterns were found in routine observations of migrating salmon, allowing the identification of some multiple-target events. Identification of these events can aid in the correct interpretation of migrating fish data for flux measurement.

Résumé: Lorsque l'on mesure le flux de saumons migrateurs en rivière, il y a souvent de nombreux poissons détectés simultanément par le sondeur. Afin d'obtenir des mesures plus précises du flux, il est nécessaire de comprendre l'effet de cibles multiples. Des cibles multiples, sous diverses configurations, ont été placées dans le faisceau d'un sondeur à faisceau scindé, transducteur 4° x10°, orienté horizontalement. Les effets sur l'indice de réflexion, la probabilité de détection, le type de dispersion des échos dans l'espace et dans le temps, et la mesure de la position de la cible sont présentés. Lorsque des cibles multiples apparaissent dans le sondeur à une même portée (distance), l'indice de réflexion est biaisé positivement; si elles sont alignées à différentes portées, l'indice de réflexion et la probabilité de détection sont biaisés négativement pour les cibles cachées. Des cibles à la même portée, mais séparées dans la direction verticale ou horizontale, produisent des dispersions caractéristiques des échos dans les projections des X par rapport au signal, et des Y par rapport aux X. Des schémas identiques de dispersion des échos ont été trouvés lors d'observations de routine chez le saumon en migration, permettant l'identification de cibles multiples. L'identification de ces cibles peut aider à l'interprétation exacte du nombre de poissons migrateurs pour des mesures de flux migratoire.

Session/ Séance 1 : New technology and methods for fisheries science/ Nouvelles techniques et méthodes des sciences halieutiques

Topic/Thème 3 : Habitat Techniques/ Techniques d'étude de l'habitat

Integration of acoustic seabed classification into hydrographic surveys/ Intégration de la classification acoustique des fonds marins aux relevés hydrographiques.

James L. Galloway, P. Eng., Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Canadian Hydrographic Service, Institute of Ocean Sciences, P.O. Box 6000, Sidney, British Columbia V8L 4B2 Tel.: (250) 363-6316 Fax: (250) 363-6323 E-mail: GallowayJ@pac.dfo-mpo.gc.ca / James L. Galloway, ing., Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Service hydrographique du Canada, Institut des sciences de la mer, C.P. 6000, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2 Tél. : (250) 363-6316 Téléc : (250) 363-6323 Courriel : GallowayJ@pac.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Acoustic seabed classification technology measures seafloor and surficial substrate acoustic diversity directly. This diversity is generally well correlated with both geomorphology and those seafloor components which are sensitive to benthic and demersal communities. Remote acoustic seabed classification has reached a level of maturity and acceptance in the ocean community such that it should be included in routine bathymetric surveys. Bathymetric survey scales for single beam and multibeam operations are well matched to those scales optimal for seafloor classification purposes. Inclusion of seabed classification mapping in hydrographic surveys reduces the need for physical sampling of the seafloor to perhaps 20% of historical effort yet with significantly improved sediment boundary delineation. In addition to a capital investment, survey field parties will need to apply 20% of their current field time to processing and archiving of seabed classification information. Each survey vessel will produce about 1 GB of raw and processed seabed classification data per day, well within the capability of current PC technology.

Tools for field processing the classification information are continually improving and the present state of the art permits mining the archived data for future, as yet unknown, needs. Acoustic signal quality requirements for seabed classification applications are more stringent than that considered adequate for bathymetric sounding. Acoustic classification requires well engineered transducer installations that minimize effects from bubble drawdown and from cavitation noise. In addition to charting needs, markets for seabed classification products include geomorphological maps, benthic and demersal community habitat stock assessment maps, environmental mapping, military route survey investigations, and visual aids for public information campaigns. The incremental cost of integrating seabed classification into hydrographic surveys is minimal, easily justifying immediate and future benefits to be gained. The Canadian Hydrographic Service will acquire field data and maintain an archive of raw and processed seabed classification information. This data will be available for use either in a rudimentary synoptic map format or as digital data suitable for teasing out subtleties in sediment types with additional processing.

Background

A research program into survey design, field operations, data visualization, and technology improvements for acoustic seabed classification has existed in CHS Pacific since 1997. The focus has been to jointly work with the Canadian companies, Quester Tangent Corporation (QTC), who has developed the operational products necessary to conduct practical classification surveys, and with Knudsen Engineering Ltd, who manufacture the hydrographic sounders used to acquire raw echo data in the field. The Sonar Systems Group (SSG) of the Client Liaison and Support section in CHS Pacific maintains a collaborative agreement with QTC, where SSG acts as beta testers for the company's seabed classification products and the participants jointly develop improvements both in the company's products and in survey design for CHS. SSG also has a memorandum of understanding with Knudsen Engineering to permit joint improvements to their products in the context of seabed classification.

An initiative at QTC and the University of Victoria, School of Earth and Ocean Sciences, will help advance the development and application of seabed classification. The Canadian Marine Acoustic Remote

Sensing (C-MARS) facility brings the capability of academia to the measurement, modelling, and fundamental understanding of seabed acoustical diversity. CHS Pacific plans to maintain a continuing significant role in C-MARS.

CHS program components have variously included Quester Tangent algorithm verification and qualification, establishment of a well groundtruthed local test survey area, development of survey procedures, design and development of appropriate groundtruthing methods, design and development of visualization tools, and executing seabed classification surveys for purposes of testing equipment and methods for clients (in excess of 20 surveys to date), and finally, publication of results.

Acoustic seabed classification explained

Acoustic seabed classification is the organization of diverse seabeds into discrete units based upon acoustic response characteristics at the seafloor. The source of the transmitted acoustic energy is either a mulitbeam hydrographic sonar or a single beam survey sounder. For single beam, sounder parameters such as beamwidth, transmitted power, pulse length, and frequency influence classification results. The amplitude and shape of an acoustic signal reflected from the seafloor is determined by the sea bottom roughness, the contrast in acoustic impedance between water and sea floor, and perturbations caused by reverberation within the substrate's volume. Size of the seabed acoustic footprint is a function of the nominal beamwidth and water depth. For example, at 38 kHz and nominal 9 degrees (3 dB) beamwidth, the footprint is at least 15 m diameter at 100 m depth. Frequency governs the attenuation and reflectivity of the acoustic pulse for the various media; water or sediments, and determines the spatial resolution of data coming back to the sounder. Higher sounder frequencies penetrate sediments less, therefore tend to respond more to surficial acoustic diversity, and reflect from finer scale structure than do lower frequencies. Lower frequencies achieve greater overall operational depths and are more sensitive to volumetric perturbation components.

When the front of the expanding spherical sound wave impinges on the seabed, a reflection echo develops. As the front spreads radially outwards across the seafloor and penetrates the sediment, this echo builds in a complicated fashion since it is a composite of many small echoes reflecting from each little target on and within the seafloor. When the trailing edge of the pulse arrives on the seabed, the reverse effect happens so that the wave end forms an annulus on the seafloor, spreading from the centre such that the thickness of the "donut ring" shrinks to zero, corresponding to a gradual loss of echo level. Typically, the leading edge of the echo rises quickly to a maximum and the trailing edge drops more slowly to zero. Each edge contains high frequency perturbations which are acoustic responses to detailed seabed structure and composition.

Multibeam backscatter can be analyzed for diversity by grouping the "snippets" of acoustic reflectively for each beam while properly managing the changing incident angle with beam number. Processing for single and multibeam data are similar once past the initial stages.

Figure 1. Conventional CHS bottom sampling (left) compared with optimized sampling following a classification survey, reducing the need for physical samples from 90 to 15.

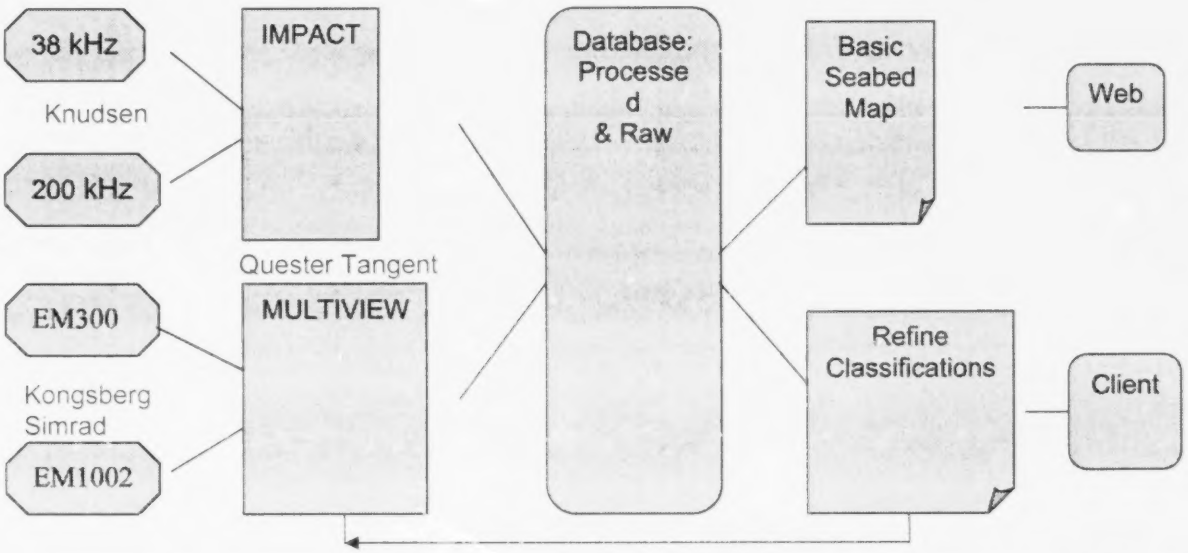


Figure 2. Simplified acoustic seabed classification plan. Knudsen products are single beam, Kongsberg Simrad are multibeam. Quester Tangent provides the classification processing software. CHS maintains the classification database nationally. Basic seabed maps are published to the web. Clients can further refine classifications to arrive at their desired products.

Seabed classification systems make use of the complex nature of the signal resulting from interference patterns produced by the numerous tiny (down to the size of carrier wavelength) reflectors. The echo from a specific bottom type is assumed to be stationary (in a statistical sense) such that similar sediment types will yield similar results to a mathematical analysis. It should be noted that acoustic seabed classification technology does not measure geomorphology directly but, in fact, measures acoustic diversity in the surficial zone. Acoustic diversity is usually well correlated with seafloor geology.

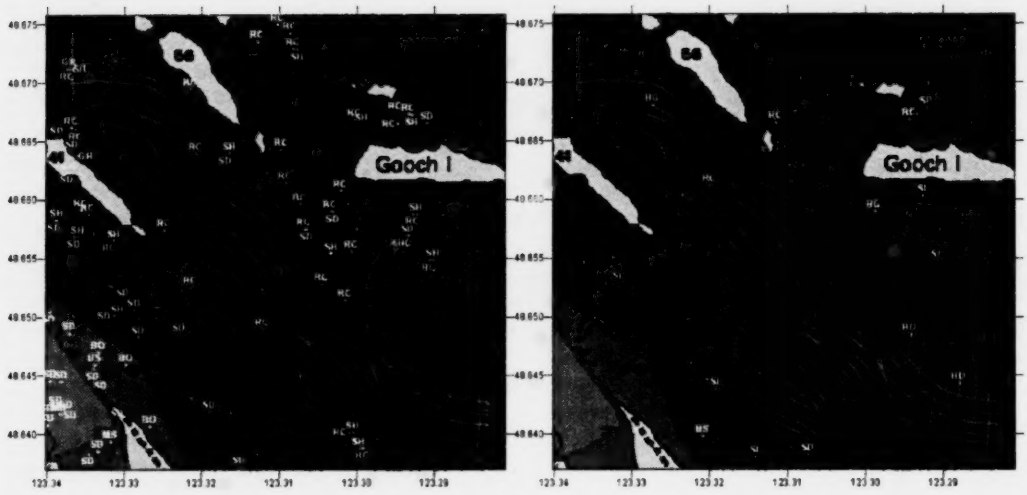


Figure 1. Conventional CHS bottom sampling (left) compared with optimized sampling following a classification survey, reducing the need for physical samples from 90 to 15.

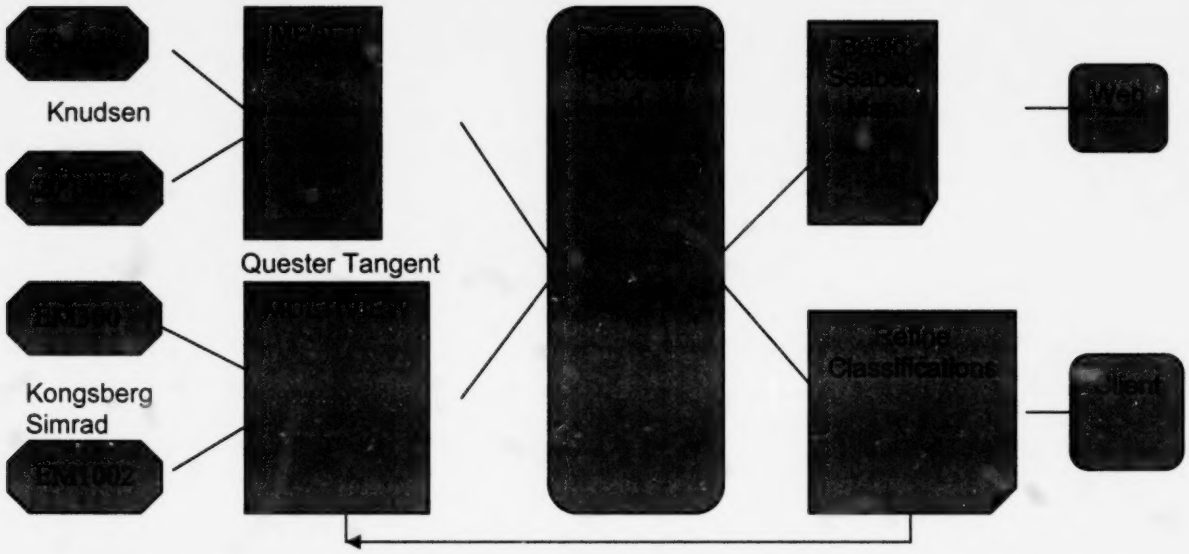


Figure 2. Simplified acoustic seabed classification plan. Knudsen products are single beam, Kongsberg Simrad are multibeam. Quester Tangent provides the classification processing software. CHS maintains the classification database nationally. Basic seabed maps are published to the web. Clients can further refine classifications to arrive at their desired products.

Seabed classification systems make use of the complex nature of the signal resulting from interference patterns produced by the numerous tiny (down to the size of carrier wavelength) reflectors. The echo from a specific bottom type is assumed to be stationary (in a statistical sense) such that similar sediment types will yield similar results to a mathematical analysis. It should be noted that acoustic seabed classification technology does not measure geomorphology directly but, in fact, measures acoustic diversity in the surficial zone. Acoustic diversity is usually well correlated with seafloor geology.

CHS bottom sampling program

Results from an acoustic seabed classification survey consist of measurements of acoustic diversity expressed in discrete numerical "classes" of the seafloor. Usually, this clustered measurement corresponds directly to unambiguous geology, or indirectly, to fauna and flora habitat. However, to verify this correlation, physical and/or visual samples of the survey objective, whether bottom or benthic communities, need to be taken. This sampling program assigns (groundtruths) acoustic classes to seabed or habitat types. Thus, bottom sampling still is required, except with a much more efficient sampling pattern since *a priori* knowledge of the areal distribution of acoustic diversity guides the positioning and spatial density of the physical samples. Thus, fewer physical samples, coupled with acoustic seabed classification can significantly better represent actual seafloor geomorphology. CHS Survey Standing Orders (SSO) on Bottom Sampling provides the framework under which CHS is mandated to estimate the type of surficial material on the seafloor. These orders clearly do not restrict the CHS bottom typing mandate to charting needs only.

Experience with seabed classification surveys has shown that two physical samples for each distinct acoustic class is generally sufficient to verify bottom type. Figure 1 contrasts conventional CHS bottom sampling with optimized sampling accomplished using information extracted from a classification survey. Overall, physical sampling needs will be reduced to perhaps 20% of historical procedures.

In summary, acoustic seabed classification satisfies CHS standing orders very well in the sense that SSO requirements are more than met with less total effort applied to physical sampling and interpretation of samples.

Classification integration plan

Currently, CHS Pacific and Quebec regions have an active classification program. Pacific region has focussed upon single beam methods and is working jointly with Quebec region, who is concentrating on multibeam classification methods. Figure 2 outlines the plan to acquire, process, and present acoustic seabed classification information to our clients. Generally, both low and high single beam frequencies are applied concurrently and only one multibeam system is used. Knudsen provides the single beam dual frequency 320M sounder with EchoControl software to record raw acoustic waveforms and Kongsberg Simrad supplies the multibeam technology used to generate both a bathymetric layer and also to conduct multibeam classification surveys. The QTC products of IMPACT and MULTIVIEW are respectively applied to process data.

CHS maintains an archive of raw and processed classification information which can be supplied as a product. The client might then reprocesses this data themselves or via contract to industry or CHS to map the particular feature of interest whether it be benthic habitat, areas of contaminants, or geology

CHS plans to present a synoptic map of the seafloor on the web, perhaps via GeoPortal or similar distribution system, then provide clients with raw data suitable for finer analysis to extract more detailed information about, say, gradations in mud or sand seafloor material.

Summary

Acoustic seabed classification is demonstrably effective at mapping seafloor diversity. This technology will improve CHS's capability to present seabed type on navigation charts, accurately delineate geological boundaries and provide an efficient, organized, reliable approach to physical bottom sampling. Acoustic seabed classification information offers the opportunity to provide new products to our clients, whether via a solicited directed survey or marketing previously archived data.

CHS Pacific has conducted a number of seabed classification surveys in conjunction with both multibeam and single beam bathymetric surveys for environmental investigations, for baseline MPA studies, for benthic habitat mapping, for geomorphological studies, for aquaculture impact investigations, and to improve seafloor information on CHS navigation charts. A partnership between government, industry, and academia has proved effective in maturing the technology and tools required to apply these methods in a practical sense.

Physical bottom samples are still required for groundtruthing seabed classification data, but preparing diversity maps first helps to optimize the sampling plan. Time spent sampling can be reduced by perhaps 80% even with significantly improved seafloor typing.

A new market opportunity will exist for CHS to conduct client-driven bottom typing surveys. This type of investigation could be a component of a bathymetric survey or a stand-alone operation and could be performed on a for-fee basis. In addition, archived seabed classification data can be selectively reprocessed by either a client or CHS to extract new information. Again, this represents a new source of revenue for CHS. In a more altruistic vein, CHS possesses the database infrastructure which is ideal for managing all (governmental, at least) seabed classification data collected. Clearly, a proper market analysis will determine whether it is suitable for CHS to embark in these ventures and a policy review will decide whether it is an appropriate path to follow.

Acknowledgements

This program was supported by Canadian Hydrographic Service Program Integrity II and by Strategic Science Fund initiatives. Collaborations with Knudsen Engineering Ltd and Quester Tangent Corp helped to enable this program. James Parks and Ralph Loschiavo of CHS Pacific were instrumental in "making it so".

References

Galloway, James L. 2001. Integration of acoustic seabed classification into hydrographic surveys. Canadian Hydrographic Service Report Series, July 2001.

Galloway James L. 2001. Benthic habitat mapping with acoustic seabed classification. Pg. 2642-2644, Proceedings Oceans'2001. IEEE. Honolulu, Hawaii.

Galloway James L. 2000. Integration of acoustic sea bed classification information and multibeam bathymetry. Proceedings of European Conference on UNDERWATER ACOUSTICS, July 2000. ECUA2000, Lyon, France.

Collins, William T., and James L. Galloway. 1998. Seabed classification and multibeam bathymetry: tools for multidisciplinary mapping. Sea Technology 39: 45-49.

Résumé : La technologie acoustique de classification des fonds marins permet de mesurer directement la diversité acoustique du plancher océanique et des substrats. Cette diversité est généralement bien corrélée avec la géomorphologie et les éléments du plancher océanique associés aux communautés benthiques. La classification acoustique des fonds marins a atteint un tel niveau de fiabilité et une telle confiance des scientifiques, qu'elle devrait faire partie des relevés bathymétriques de routine. Les échelles des relevés bathymétriques effectués au moyen de sonars multifaisceaux ou à faisceau unique, correspondent aux échelles optimales pour la classification du plancher océanique. L'intégration de la cartographie de classification des fonds marins aux levés hydrographiques, réduit la nécessité d'échantillonnage physique direct du fond, à peut-être 20 % de l'effort qui y a été déployé par le passé, tout en améliorant considérablement la délimitation des différentes zones de sédiments. Le personnel qui effectue les relevés devra consacrer 20 % de son temps actuel sur le terrain, au traitement et à l'archivage des données de classification des fonds marins. Chaque navire de relevé produira environ 1 GB de données brutes et traitées de classification des fonds marins par jours, ce qui est bien en deçà de la capacité actuelle des ordinateurs personnels.

Les outils de traitement sur le terrain des données de classification s'améliorent constamment, et permettent maintenant l'examen des données archivées pour répondre à des besoins futurs, encore inconnus. Les applications de la classification des fonds marins répondent à des normes plus strictes que celles exigées en matière de levés bathymétriques. La classification acoustique nécessite des capteurs bien conçus qui minimisent l'effet dû à la formation de bulles et au bruit de cavitation. En plus des besoins de cartographie marine, le marché des produits de classification des fonds marins comprend celui des cartes géomorphologiques, des cartes d'évaluation des stocks dans les habitats et communautés benthiques, des cartes environnementales, des levés d'itinéraires militaires et des documents visuels pour des campagnes d'information du public. Le coût différentiel de l'intégration de la classification acoustique des fonds marins aux relevés hydrographiques est minime et vaut bien les avantages immédiats et futurs qu'elle procurera. Le Service hydrographique du Canada acquerra des données de terrain et maintiendra des archives de données brutes et traitées de classification des fonds marins. Ces données pourront être utilisées sous forme de cartes synoptiques rudimentaires ou comme données numériques pouvant faire l'objet d'un traitement supplémentaire pour déterminer les subtilités des divers types de sédiments.

Contexte

Le SHC-Pacifique mène depuis 1997 un programme de recherche en matière d'établissement de levés, d'opérations sur le terrain, de visualisation de données et d'améliorations technologiques en matière de classification acoustique du fonds marin. L'accent a été mis sur une coopération entre les compagnies canadiennes, la Quester Tangent Corporation (QTC), qui a développé les produits opérationnels nécessaires à une classification pratique de levés et avec Knudsen Engineering Ltd, fabricant d'échosondeurs hydrographiques utilisés pour l'acquisition de données brutes sur le terrain. Le Sonar Systems Group (SSG) de la Section Liaison avec la clientèle et Soutien du SHC-Pacifique a un accord de collaboration avec QTC, où SSG agit en tant que testeur bêta pour les produits de classification de fonds marins et les participants mettent conjointement au point les améliorations tant au niveau des produits de la compagnie, que dans l'établissement des levés pour le SHC. SSG a aussi rédigé un protocole de collaboration avec la Knudsen Engineering pour permettre l'amélioration de leurs produits dans le cadre de classification de fonds marins.

Le projet de QTC et de la University of Victoria (School of Earth and Ocean Sciences), aidera à faire avancer les développements et les applications de la classification des fonds marins. Le Canadian Marine Acoustic Remote Sensing (C-MARS) offre au monde universitaire des capacités de mesurer, de dresser des modèles et d'améliorer les connaissances fondamentales en matière de diversité acoustique des fonds marins. Le SHC-Pacifique à l'intention de continuer à jouer son rôle essentiel au sein de C-MARS.

Les composants du programme du SHC, incluent le vérificateur et qualificateur algorithmique Quester Tangent, l'établissement d'une zone de levés tests, vérifiée sur le terrain, le développement de procédures de levés, la conception et le développement de méthodes de vérification sur le terrain appropriées, la conception et le développement d'outils de visualisation et la classification de levés des fonds marins dans le but d'effectuer des tests d'équipements et de méthodes pour le compte des clients (plus de 20 levés effectués à ce jour) et, finalement, la publication des résultats.

La classification acoustique des fonds marins expiquée

La classification acoustique des fonds marins est l'organisation des divers fonds marins en unités discrètes, basées sur les caractéristiques des réponses acoustiques des fonds marins. La source de l'énergie acoustique est soit un sonar hydrographique multifaisceaux, soit un échosondeur de levés à faisceau unique. Pour les faisceaux uniques, on obtient des paramètres plus précis, tels la largeur de balayage, la puissance d'émission, la durée d'impulsion et la classification des influences des fréquences. L'amplitude et la forme d'un signal acoustique reflété par le fond marin, est déterminé par la rugosité du fond, par le contraste en impédance acoustique entre l'eau et le fond marin et les perturbations causées par la réverbération acoustique à l'intérieur du volume du substrat. La taille de l'empreinte acoustique du

fond marin dépend de la largeur nominale du faisceau et de la profondeur de l'eau. Par exemple, l'empreinte aura un diamètre de 15 m à 100 m de profondeur avec une largeur de faisceau de 38 kHz et de 9 degrés (3 dB) nominaux. La fréquence détermine l'atténuation et la réflectivité des impulsions acoustiques pour les différents médiums; eau ou sédiments et déterminent la résolution spatiale du retour vers l'échosondeur. Plus la fréquence de l'échosondeur est haute, moins elle pénètre les couches sédimentaires; par conséquent, elle a tendance à mieux répondre à la diversité acoustique superficielle, et reflète mieux sur des structures à échelle plus petite que les fréquences plus basses. Les fréquences plus basses fonctionnent généralement mieux en profondeurs opérationnelles et sont plus sensibles aux composants de perturbations volumétriques.

Lorsque, lors de son expansion, le front sphérique de l'onde de son atteint le fond, elle crée un écho. La diffusion de cet écho est très complexe puisqu'elle est l'amalgame de nombreux échos plus faibles, réfléchis de chaque petit objet sur et dans le fond marin, alors qu'il rayonne vers l'extérieur au travers du fond marin et qu'il pénètre dans les sédiments. L'effet inverse se produit lorsque la queue de l'écho touche le fond : la fin de l'onde forme un anneau sur le fond marin, se dispersant à partir de son centre, de manière à réduire à zéro l'épaisseur du « beigne » correspondant à une perte graduelle du niveau d'écho. Normalement, la crête de l'écho monte rapidement à son maximum et la queue tombe plus lentement à zéro. Chaque crête contient des perturbations de hautes fréquences qui sont autant de réponses acoustiques aux détails structurels et à la composition du fond marin.

La diversité des rétrodiffusions multifaisceaux peut être analysée en regroupant les "bouts" de réflexions acoustiques pour chaque faisceau, tout en gérant adéquatement l'angle d'incidence changeant, avec le numéro de faisceau. Une fois les premières étapes faites, le traitement de données de faisceau unique ou multifaisceaux est similaire.

Les systèmes de classification des fonds marins utilisent la nature complexe du signal obtenu par des modèles d'interférences produites par les nombreux petits réflecteurs (allant jusquà la taille de longueur d'onde porteuse). L'écho produit par un type fond spécifique est considéré comme fixe (dans le sens statistique) de façon à ce que des fonds sédimentaires similaires donnent les mêmes résultats lors d'une analyse mathématique. Notez que la technologie de classification acoustique des fonds marins ne mesure pas directement la géomorphologie, mais plutôt la diversité acoustique de la couche superficielle. La corrélation se fait généralement bien entre les diversités acoustiques et la géologie du fond marin.

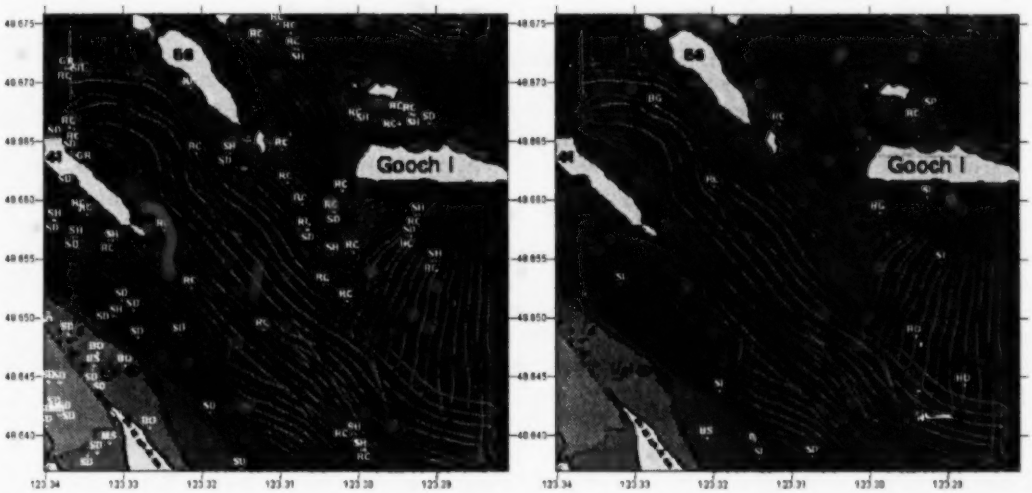


Figure 1. Échantillonnage SHC conventionnel de fond marin (gauche) comparé à un échantillonnage optimisé et consécutif à un levé de classification, réduisant ainsi le nombre d'échantillons physiques de 90 à 15.

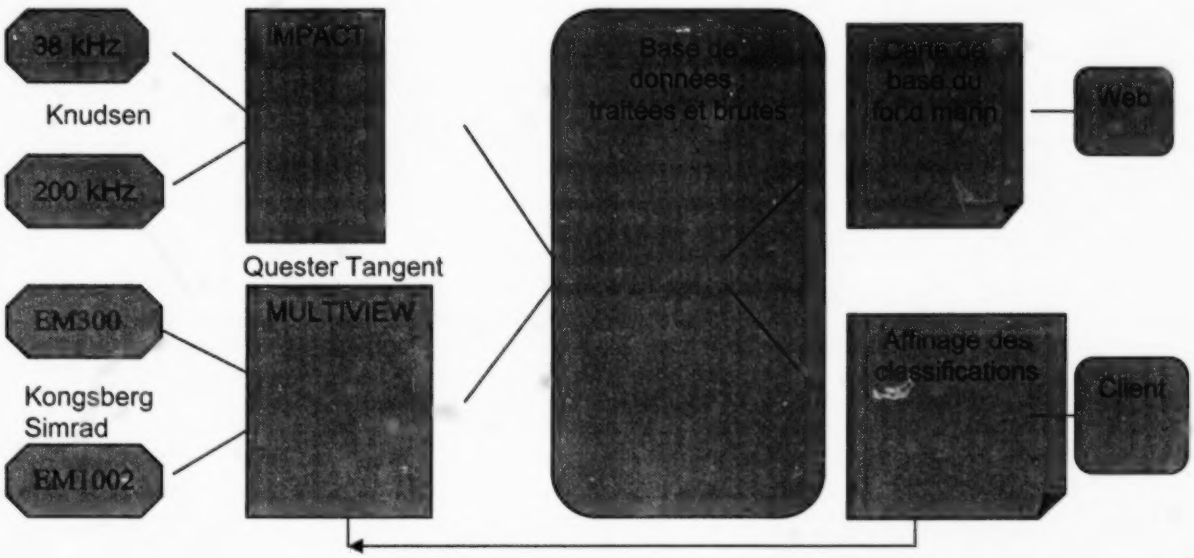


Figure 2. Plan simplifié de la classification acoustique du fond marin. Les produits Knudsen sont à faisceau unique, les produits Kongsberg Simrad sont à multifaisceaux. Quester Tangent a fourni le logiciel de traitement de la classification. Le SHC maintient la base de données de classification pour tout le pays. Les cartes de base des fonds marins sont publiées dans le Web. Les clients peuvent affiner les classifications pour obtenir les produits désirés.

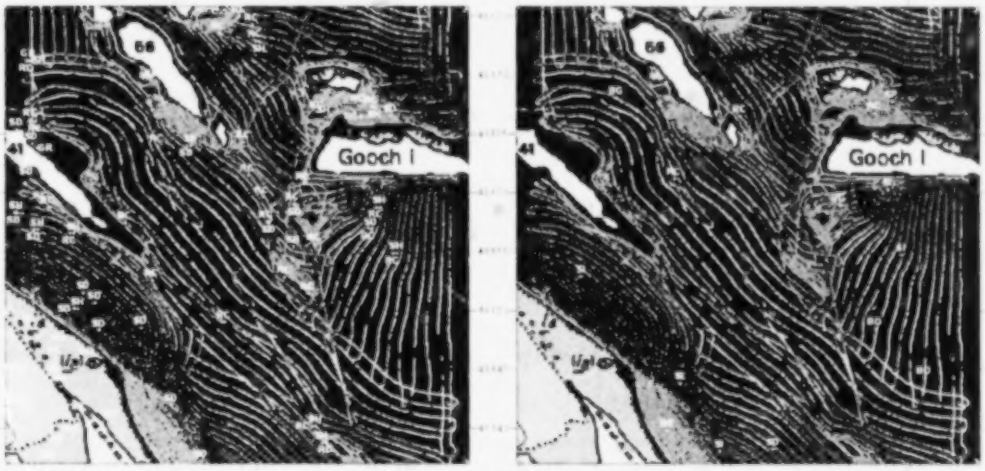


Figure 1. Échantillonnage SHC conventionnel de fond marin (gauche) comparé à un échantillonnage optimisé et consécutif à un levé de classification, réduisant ainsi le nombre d'échantillons physiques de 90 à 15.

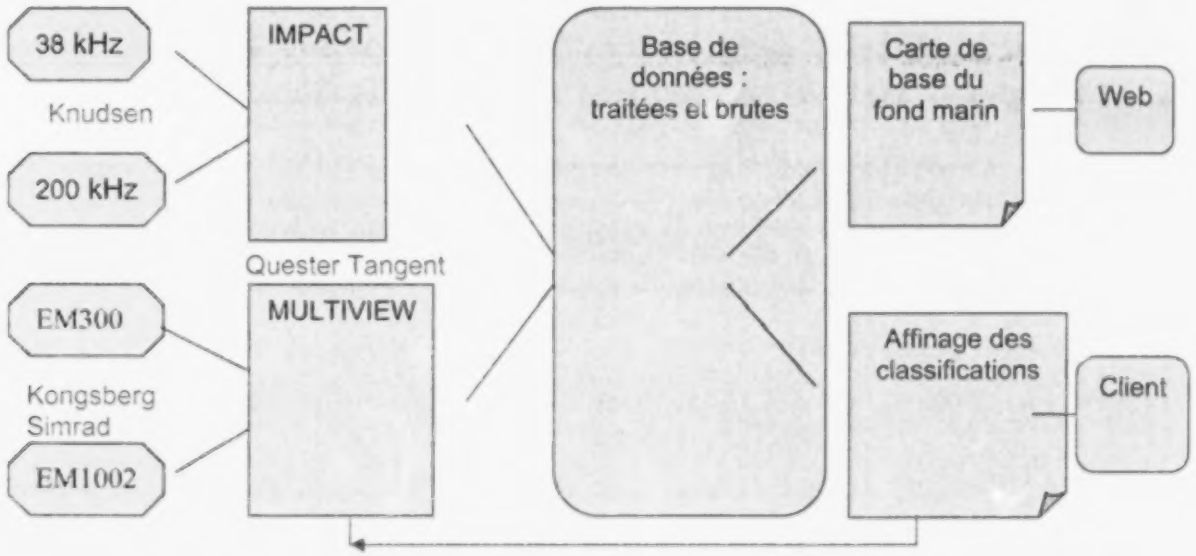


Figure 2. Plan simplifié de la classification acoustique du fond marin. Les produits Knudsen sont à faisceau unique, les produits Kongsberg Simrad sont à multifaisceaux. Quester Tangent a fourni le logiciel de traitement de la classification. Le SHC maintient la base de données de classification pour tout le pays. Les cartes de base des fonds marins sont publiées dans le Web. Les clients peuvent affiner les classifications pour obtenir les produits désirés.

Programme SHC d'échantillonnage de fond marin

Les résultats de levés acoustiques de classification des fonds marins se présentent sous la forme de mesures de diversités acoustiques exprimées en « classes » numériques discrètes des fonds marins. Généralement, les mesures en grappes correspondent directement à une géologie non ambiguë, ou indirectement, à l'habitat de la faune et de la flore. Toutefois, il faut toujours prendre des échantillons physiques et/ou visuels des objectifs de levés pour vérifier la corrélation, qu'il s'agisse de communautés benthiques ou de fonds. Ce programme d'échantillonnage attribue de classes acoustiques (vérification sur le terrain) aux fonds marins ou aux habitats. Donc, des échantillons seront toujours nécessaires, sauf dans le cas d'échantillonnage plus efficace puisqu'une *préconnaissance* de la distribution aréale des diversités acoustiques guide le positionnement et la densité spatiale des échantillons physiques. Dons, moins d'échantillons, jumelés à une classification acoustique du fond marin peuvent donner une meilleure image de la géomorphologie réelle du fond marin. Les *Ordres Permanents du SHC (OPS)* sur l'échantillonnage des fonds marins prévoient le cadre nécessaire pour permettre au SHC de faire les estimations des sortes de matériaux superficiels du fond marin. Ces ordres ne restreignent pas le SHC à faire de l'échantillonnage de fond uniquement à des fins cartographiques.

L'expérience en matière de levés de classification des fonds marins a démontré que deux échantillons physiques pour chaque classe acoustique suffisent généralement pour vérifier le type de fond. La figure 1 compare l'échantillonnage conventionnel tel que pratiqué par le SHC avec un échantillonnage fait sur base d'information extraite de levés de classification. De manière générale, les besoins en échantillons vont être réduits jusqu'à peut-être 20%$ des procédures historiques.

En résumé, la classification acoustique du fond marin répond aux exigences des OPS, et la dépasse même, et ce, avec un plus petit nombre d'échantillonnage physique et d'interprétation des échantillons.

Plan d'intégration de classifications

Les Régions Pacifique et Québec du SHC travaillent présentement sur un programme de classification. La Région du Pacifique s'est concentrée sur les méthodes à faisceau unique et travaille main dans la main avec la Région de Québec qui, elle, se concentre sur la classification à faisceaux multiples. La figure 2 donne un aperçu du plan d'acquisition, de traitement et de présentation de données de classification de fonds marins à nos clients. Généralement, on utilise des hautes et des basses fréquences de faisceau unique conjointement, mais avec un seul système de faisceau unique. Knudsen fournit l'échosondeur à faisceau unique et bi-fréquence 320M avec le logiciel EchoControl pour enregistrer des ondes acoustiques brutes. Kongsberg Simrad fournit la technologie multifaisceaux utilisée pour la génération tant d'une couche bathymétrique, que pour effectuer des levés de classification multifaisceaux. Les produits IMPACT et MULTIVIEW de QTC sont utilisés respectivement pour le traitement de données.

Le SHC maintient des archives de données de classification brutes et traitées. Elles peuvent être fournies en tant que produit. Le client peut alors retraiter ces données lui-même ou le faire par l'entremise d'une société spécialisée ou du SHC, pour dresser la carte de la caractéristique ou de l'intérêt particulier, qu'il s'agisse d'un habitat benthique, de zones de contaminateurs ou de géologie.

Le SHC prévoit d'afficher un synoptique du fond marin sur le Web, peut-être au travers du GéoPortail ou par un système de diffusion similaire, et de fournir par la suite ses clients avec des données brutes qui se prêteront à des analyses plus précises pour extraire plus de données détaillées sur, p. ex. les gradations de boues ou de sable dans des substances du fond matin.

Résumé

L'efficacité de la classification du fond marin dans la cartographie de la diversité du fond marin n'est plus à démontrer. Cette technologie va améliorer la capacité du SHC à représenter les types de fonds marins sur les cartes marines, à dessiner de manière précise les délimitations géologiques et de fournir une approche efficace, organisée et fiable à l'échantillonnage physique du plancher océanique. La classification acoustique de données offre la possibilité de fournir de nouveaux produits aux clients, qu'il s'agisse de demandes pour des levés ou de mise en marche de données préalablement archivées.

Le SHC Pacifique à menés un certain nombre de levés de classification de fond marin conjointement avec des levés bathymétriques multifaisceaux et à faisceau unique dans un contexte de recherches environnementales, pour des études de lignes de fond de ZPM, pour la cartographie de zones d'habitat benthique, pour des études géomorphologiques, pour des études d'impacts en matière d'aquaculture et pour améliorer l'information sur le plancher océanique sur les cartes marines du SHC. Le partenariat entre le gouvernement, l'industrie et le monde universitaire, a porté ses fruits dans le domaine du développement du produit et des outils nécessaires à l'application pratique de ces méthodes.

Les échantillons physiques de fonds marins sont toujours requis pour la vérification en situ des données de classification de fonds marins, mais la préparation des cartes de diversités aide en premier lieu à optimiser le plan d'échantillonnage. Le temps passé à prendre des échantillons peut être réduit de 80%, même avec une amélioration significative de l'identification du fond marin.

De nouvelles opportunités de mise en marché existeront pour le SHC, avec des levés de classification de fonds marins répondant aux demandes d'une certaine clientèle. Ce type de recherches pourrait être un composant de levés bathymétriques ou d'une opération ponctuelle et pourrait être effectué contre payement. De plus, des données archivées de classification de fond marin peuvent être re-traitées de manière sélective par soit un client, soit le SHC, afin d'en extraire des informations supplémentaires. Une fois de plus, ceci pourrait constituer une source supplémentaire de revenus pour le SHC. Le SHC possède l'infrastructure de base de données nécessaire pour gérer toutes les données de classification de fond marin acquises, du moins toutes celles du gouvernement. Bien entendu, ce n'est qu'une analyse de marché en bonne et due forme qui pourra déterminer s'il est souhaitable pour le SHC de s'embarquer dans cette entreprise et une révision des politiques décidera s'il s'agit d'une voie appropriée à suivre.

Remerciements

Ce projet a été possible grâce au Programme Intégrité II du Service hydrographique du Canada et par les projets de Fonds stratégique des sciences. La collaboration avec Knudsen Engineering Ltd et Quester Tangent Corp. a permis ce projet. James Parks et Ralph Loschiavo du SHC-Pacifique ont été les chevilles ouvrières de la réalisation de ce projet.

Références

Galloway, James L. 2001. Integration of acoustic seabed classification into hydrographic surveys. Séries de rapports du Service hydrographique du Canada, juillet 2001.

Galloway James L. 2001. Benthic habitat mapping with acoustic seabed classification. Séances Océans'2001, novembre 2001. IEEE. Honolulu, Hawaii. 2642 - 2644

Galloway James L. 2000. Integration of acoustic sea bed classification information and multibeam bathymetry", Séances de la Conférence européenne sur L'ACOUSTIQUE SOUS-MARINE, juillet 2000. ECUA2000. Lyon, France.

Collins, William T., et James L. Galloway. 1998. Seabed classification and multibeam bathymetry: tools for multidisciplinary mapping. Technologie marine, vol. 39 no. 9 pp 45-49.

The development and application of multi-beam sonar technology in fisheries research/ Développement de la technologie du sonar multifaisceaux et application à la recherche sur les poissons. Gary D. Melvin, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Marine Fish Division, St. Andrews Biological Station, 531 Brandy Cove Road, St. Andrews, New Brunswick E5B 2L9 Tel.: (506) 529-8854 Fax: (506) 529-5862 E-mail: MelvinG@mar.dfo-mpo.gc.ca / Gary D. Melvin, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Station biologique de St. Andrews, Division des poissons de mer, 531, chemin Brandy Cove, St. Andrews (Nouveau-Brunswick) E5B 2L9 Tél. : (506) 529-8854 Téléc. : (506) 529-5862 Courriel : MelvinG@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Multi-beam sonar technology has the potential to ensonify large volumes of water relative to conventional single beam echosounders, thereby greatly enhancing our coverage area during standard acoustic assessment surveys. In addition, these systems can provide quantitative information on the avoidance a vessel by fish, fish behaviour, species interactions and habitat characteristics. Over a period of five years, a suite of tools, which concentrated on the extraction of information from the water column, were developed; to edit and analyze multi-beam sonar data, to visualize the signal return data in 2 and 3-D in both post-processing and in real-time, to calibrated the system using standard sphere procedures, and to output volume backscatter for each sample in each beam. As a result of these efforts acoustic signal returns from multi-beam systems can be converted into estimates of fish biomass using standard target strength/length equations. However, extension of these estimates more than a few degrees off the nadir is not realistic at present due to off-axis variation in target strength. The theoretical, practical and computational framework is now in place to quantitatively investigate many aspects in the application of multi-beam sonar technology to not only fisheries, but to behavioural, habitat and ecosystem studies as well.

Résumé : La technologie du sonar multifaisceaux permet de couvrir de plus grands volumes d'eau que les détecteurs classiques à faisceau simple, et ainsi de grandement augmenter la zone de couverture lors d'une évaluation acoustique de routine. De plus, ces systèmes peuvent fournir de l'information quantitative sur l'évitement d'un navire par les poissons, le comportement des poissons, les interactions entre les espèces et les caractéristiques de l'habitat. On a mis au point, sur une période de cinq ans, une série d'outils spécialisés dans l'extraction d'informations dans la colonne d'eau, pour mettre en forme et analyser les données de sonar multifaisceaux, pour visualiser les données sur le retour de signal en 2D et en 3D, à la fois en temps réel et après traitement, pour calibrer le système en suivant des procédures standard utilisant une sphère, et pour produire la rétrodiffusion sonore de chaque échantillon de chaque faisceau. Ces travaux permettent donc de convertir les retours de signaux acoustiques des systèmes multifaisceaux en estimations de la biomasse des poissons à l'aide d'équations standard relatives à la longueur/intensité de la cible. Toutefois, un prolongement de ces estimations de plus de quelques degrés hors-nadir n'est actuellement pas réaliste en raison des variations hors-axe concernant l'intensité de la cible. Le cadre théorique, pratique et informatique est maintenant en place et permet d'étudier quantitativement de nombreux aspects de l'application de la technologie du sonar multifaisceaux non seulement aux pêches, mais également aux études du comportement, de l'habitat et de l'écosystème.

Remote sensing and in-situ approaches for definition of sensitive invertebrate fisheries habitat and evaluation of coastal development impacts/ Télédétection et approches in situ pour définir les habitats fragiles d'invertébrés exploitables et évaluer les incidences de l'aménagement du littoral. Peter Lawton, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Invertebrate Fisheries Division, St. Andrew's Biological Station, 531 Brandy Cove Road, St. Andrews, New Brunswick E5B 2L9 Tel.: (506) 529-5919 Fax: (506) 529-5862 E-mail: LawtonP@mar.dfo-mpo.gc.ca / Peter Lawton, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Division des pêches d'invertébrés, Station biologique de St. Andrews, Division des poissons de mer, 531, chemin Brandy Cove, St. Andrews (Nouveau-Brunswick) E5B 2L9 Tél. : (506) 529-5919 Téléc. : (506) 529-5862 Courriel : LawtonP@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Diving-based research commenced in the early 1990s to identify sensitive coastal lobster fishery habitat. The project has since broadened in scope to include assessment of interactions between salmon aquaculture development and the lobster fishery, detection of long term change in lobster populations, and definition of general coastal habitat inventory approaches. To extend diving-based lobster population sampling and habitat description, a shallow-water remote video system has been developed. This system, which can be used on inshore vessels of opportunity, provides geo-referenced benthic video imagery, with a real-time habitat classification and event recording capability.

Geographic information systems are now used routinely at-sea, and for post-processing diving, remote video, and trapping survey information, as evidenced in two current projects. The first example from the New Brunswick mainland involves enhanced benthic environmental monitoring and lobster habitat characterisation at two newly established salmon aquaculture sites. The second project, recently initiated on Grand Manan Island, involves collaboration with the University of New Brunswick Ocean Mapping Group which is providing access to multi-beam sonar seabed mapping technology and expertise to further develop the remote video survey approach.

With current operational capability for coastal habitat inventory there exists a gap between the spatial coverage achievable by direct observation and diver-held or remote video imagery and acoustic (e.g. side-scan, multi-beam sonar) survey approaches. A cost-effective optical imaging approach is required that can provide comprehensive mosaics of the benthic environment at the metre to decametre scale from which to better define habitat structural attributes and faunal assemblages.

Résumé: Au début des années 1990, nous avons commencé à effectuer de la recherche en plongée pour relever les habitats côtiers fragiles du homard. Depuis, nous avons élargi la portée du projet, qui inclut maintenant l'évaluation des interactions entre le développement de la salmoniculture et la pêche du homard, la détection de changements à long terme dans les populations de homards et la détermination de méthodes générales d'inventaire des habitats côtiers. Pour compléter l'échantillonnage des populations de homards et la description de leurs habitats faits en plongée, nous avons mis au point un système télévidéo pour utilisation en eaux peu profondes. Pouvant être utilisé sur tout bateau côtier, le système fournit de l'imagerie benthique à référence géographique et comprend une capacité de classification de l'habitat et d'enregistrement d'événements en temps réel.

Les systèmes d'information géographique sont maintenant couramment utilisés en mer ainsi que pour le post-traitement de données obtenues en plongée, par télévidéo et par des relevés aux casiers, comme dans deux de nos projets actuels. Réalisé sur la côte continentale du Nouveau-Brunswick, le premier de ces projets consiste à améliorer la surveillance du milieu benthique et la caractérisation de l'habitat du homard près de deux nouvelles salmonicultures. L'autre projet, récemment lancé à l'île Grand Manan, est une collaboration avec le Ocean Mapping Group de l'Université du Nouveau-Brunswick qui fournit la technologie et l'expertise de cartographie du plancher océanique par sonar multifaisceaux afin de perfectionner la méthode de relevé par télévidéo.

Compte tenu de notre capacité actuelle en matière d'inventaire des habitats côtiers, il existe un écart entre la couverture spatiale des relevés acoustiques (p. ex., sonar à balayage latéral et sonar multifaisceaux) et celle offerte par l'observation directe et l'imageage vidéo réalisé en plongée ou à distance. Il nous faut une technique d'imageage optique efficace par rapport à son coût qui puisse fournir des mosaïques complètes du milieu benthique à une échelle variant du mètre au décamètre afin de mieux définir les attributs structuraux des habitats et les assemblages fauniques.

Physical and thermal habitat of lake trout in boreal lakes: Insights from acoustic telemetry/ Habitat physique et thermique du touladi dans les lacs boréaux : étude de télémétrie acoustique.

Paul Blanchfield and Lori Flavelle, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6

Tel.: (204) 984-4524 Fax: (204) 984-2404 E-mail: BlanchfieldP@dfo-mpo.gc.ca / Paul Blanchfield et Lori Flavelle, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 984-4524 Téléc. : (204) 984-2404 Courriel : BlanchfieldP@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Small boreal lakes are thought to be some of the most sensitive aquatic ecosystems to climate change. Correspondingly, the cold-water fish communities of these lakes are likely to be the most revealing in terms of understanding the sensitivity and adaptability of fish species to a changing climate. Lake trout (*Salvelinus namaycush*) are a widespread, coldwater species with a relatively narrow preferred thermal niche (~8–12°C), although recent research suggests that this species may be more tolerant to warmer temperatures than previously thought. We examined lake trout thermal habitat via continuous monitoring of water temperature and fish tagged with depth-sensing acoustic tags in lakes at the Experimental Lakes Area (ELA), located in the boreal forest of north-western Ontario. Diel and seasonal patterns in the pelagic distribution of lake trout among lakes are used to clearly define a thermal "niche". We are incorporating home range analyses to determine seasonal patterns of habitat use, with emphasis on the location of spawning shoals. A further objective of our research is to integrate GIS models, based on wind direction, fetch and lake morphometry data, and fish location information to predict spawning shoal locations in small boreal lakes. The accuracy of the GIS models to determine lake trout spawning sites will be tested against a set of lakes with long-term data. The ability to predict the location of spawning sites is an important first step in determining critical habitat for lake trout in boreal lakes.

Résumé : On estime que les petits lacs boréaux comptent parmi les écosystèmes aquatiques les plus sensibles au changement climatique. Ainsi, les communautés de poissons d'eau froide habitant ces lacs se prêtent sans doute particulièrement bien à l'étude de la sensibilité et de l'adaptabilité du poisson au changement climatique. Le touladi (*Salvelinus namaycush*) est un poisson d'eau froide largement répandu dont la niche thermique préférée est relativement restreinte (de 8 à 12 °C environ), bien que des études récentes indiquent qu'il tolère mieux des températures plus chaudes que ce que l'on croyait auparavant. Nous avons étudié l'habitat thermique du touladi par la mesure en continu de la température de l'eau et le suivi de touladis munis d'émetteurs acoustiques qui détectent la profondeur, dans des lacs de la Région des lacs expérimentaux située dans la forêt boréale du Nord-Ouest de l'Ontario. Nous déterminons la répartition pélagique journalière et saisonnière du touladi dans divers lacs pour définir clairement sa « niche » thermique. Nous utilisons des analyses du domaine vital pour établir l'utilisation de l'habitat selon les saisons, particulièrement pour localiser les frayères. Nous visons également à jumeler des modèles SIG, axés sur des données de direction du vent, de fetch et de morphométrie des lacs, et les données de télémétrie (position des poissons) pour prédire les emplacements des frayères dans les petits lacs boréaux. Nous nous servirons de données à long terme pour un ensemble de lacs afin d'évaluer l'exactitude de cette méthode de localisation des frayères. La capacité de localiser les frayères du touladi constitue une importante première étape de la détermination de ses habitats essentiels dans les lacs boréaux.

Hydroacoustic application to forage fish and ecosystem understanding/ Application de l'hydroacoustique aux espèces fourragères et à la compréhension de l'écosystème.

Yvan Simard and Nathalie Roy, Fisheries and Oceans Canada, Quebec Region, Fish and Marine Mammal Division, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli, Québec G5H 3Z4 Tel.: (418) 775-0527 Fax: (418) 775-0542 E-mail: SimardY@dfo-mpo.gc.ca *or* RoyN@dfo-mpo.gc.ca / Yvan Simard et Nathalie Roy, Pêches et Océans Canada, Région du Québec, Direction des Poissons et Mammifères Marins, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Tél. : (418) 775-0527 Téléc. : (418) 775-0542 Courriel : SimardY@dfo-mpo.gc.ca *ou* RoyN@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Forage species play an essential role in the functioning of marine ecosystems by transferring the energy to the upper levels of the food web. Several attempts to model the multi-species mass balance in marine ecosystems, including recent DFO efforts, often conclude that the ignorance of the exact mass of key forage species generates a large uncertainty in the results. Forage species are an important

"missing link" in marine ecosystem understanding. This is largely due to the difficulty to get the required exact estimates of the biomass of these abundant intermediate species of the food web. These species are generally non-exploited. No direct estimate can thus be computed from exploitation data. The monitoring of their biomass through traditional direct estimation means is prohibitive. The development in hydroacoustics in the last decade offers an alternative to traditional methods to get an estimate of the biomass of abundant key forage species and a meaningful picture of their organisation in the ecosystem. An example is provided here for a recent integrated ecosystem study on the East Coast.

Résumé: Les espèces fourragères jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des écosystèmes marins en transférant l'énergie vers les niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. Plusieurs tentatives de modéliser les flux de masses entre les espèces dans les écosystèmes marins, incluant des efforts récents du MPO, concluent souvent que l'ignorance de la masse exacte d'espèces fourragères clé génère une grande incertitude dans les résultats. Les espèces fourragères constituent un important "chaînon manquant" dans la compréhension des écosystèmes marins. Ceci est en grande partie dû à la difficulté d'obtenir les estimés exacts pré-requis de la biomasse de ces importantes espèces intermédiaires de la chaîne alimentaire. Ces espèces sont généralement non exploitées. Le monitorage de leur biomasse par des moyens traditionnels d'estimation directe est prohibitif. Les développements en hydroacoustique de la dernière décennie offrent une alternative aux méthodes traditionnelles pour obtenir une estimation de la biomasse de ces abondantes espèces clé ainsi qu'une représentation signifiante de leur organisation dans l'écosystème. Un exemple est présenté ici pour une étude intégrée dans un écosystème de la Côte Est.

The application of hydroacoustics in the Department: Current status and future considerations/ Application de l'hydroacoustique au Ministère : situation actuelle et considérations futures.

J. Andrew Cooper, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Fisheries Research Branch, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 991-6951 Fax: (613) 954-0807 E-mail: CooperA@dfo-mpo.gc.ca / J. Andrew Cooper, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Direction de la recherche sur les pêches, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 991-6951 Téléc. : (613) 954-0807 Courriel : CooperA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: In September 2001, the Fisheries, Environment and Biodiversity Science Directorate initiated a review of the status of hydroacoustics applications. Regional hydroacoustics experts and national advisors formed a working group to provide background information as a framework for discussion of issues facing the current program. The discussion document summarised the current status of hydroacoustics with respect to its application in hydrography, stock assessment, habitat and oceans sciences, and provided options for the future of hydroacoustics research, monitoring, and mapping tools in DFO Science. The summary of current and proposed applications revealed the essential nature and established practice for hydroacoustics within several science areas. This paper also documented a decline in the use of hydroacoustics in areas outside of hydrography and identified that we have arrived at a crossroad with a number of options.

The working group offered three options regarding the future of hydroacoustics in DFO Science: (1) maintain a focus only in hydrography, (2) pursue a preservation approach to maintain the current level of expertise and application of this technology, and (3) move to a more integrated research and application program with long term support.

The recommendations were to pursue a preservation approach while positioning for a more integrated research and application program. This would require both progress toward developing a national vision with well-defined hydroacoustics program initiatives and the clarification of issues facing current and future uses on hydroacoustics. These issues would include immediate infrastructure needs, mechanisms to continue communication and collaboration, and strategic planning for the most efficient use of hydroacoustics and to provide direction for partnerships with government, industry, and academia.

Résumé : En septembre 2001, la Direction générale des sciences a réexaminé les applications de l'hydroacoustique. Un groupe de travail constitué de spécialistes régionaux de l'hydroacoustique et de conseillers nationaux a été mis sur pied et chargé de fournir des renseignements de base à titre de cadre pour la discussion des enjeux confrontant le programme en cours. Le document de travail résume la situation actuelle de l'hydroacoustique par rapport à ses applications en hydrographie, en évaluation des stocks et en sciences de l'habitat et des océans et présente des options pour l'avenir de la recherche, de la surveillance et des outils de cartographie hydroacoustiques au Secteur des sciences du MPO. Le résumé des applications actuelles et futures a révélé le caractère essentiel et les pratiques établies de l'hydroacoustique dans plusieurs domaines scientifiques. La présente étude documente aussi le déclin dans l'utilisation de l'hydroacoustique dans des domaines autres que l'hydrographie et révèle que nous sommes arrivés à une croisée offrant un certain nombre d'options.

Le groupe de travail a présenté les trois options suivantes quant à l'avenir de l'hydroacoustique au Secteur des sciences du MPO : (1) mettre l'accent uniquement sur l'hydrographie, (2) adopter une approche visant à maintenir le niveau actuel de connaissances spécialisées et d'application de cette technologie, (3) passer à un programme de recherche et d'application plus intégré assorti d'un financement à long terme.

Le groupe de travail a recommandé d'adopter une approche visant à maintenir le statu quo tout en visant un programme de recherche et d'application plus intégré. Cela nécessitera des progrès dans l'élaboration d'une vision nationale assortie de programmes en hydroacoustique bien définis et la clarification des enjeux confrontant les utilisations actuelles et futures de l'hydroacoustique. Ces enjeux incluent les besoins immédiats d'infrastructure, des mécanismes pour assurer la communication et la collaboration soutenues et une planification stratégique afin d'assurer l'utilisation la plus efficiente de l'hydroacoustique et donner une orientation aux partenariats entre le gouvernement, l'industrie et le monde universitaire.

Discussion Panel/ Discussion en groupe : Potential uses of hydroacoustics as a research and development tool/ Utilisations potentielles de l'hydroacoustique comme outil en recherche et développement (*Chair/Président: Jim Carscadden*).

Chair: James Carscadden, Section Head, Pelagics Section, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St. John's, NL

Panel Members: Ian McQuinn , James Galloway, Andrew Cooper, Paul Blanchfield and Norman Cochrane.

Rapporteur: Gary Melvin, St. Andrews Biological Station, St. Andrews, NB

In his introductory remarks, the chairman noted that the panel had interpreted the title of the discussion session to mean the application of hydroacoustics as a tool in research rather than a discussion on research in hydroacoustics itself. Hydroacoustics has been in use by the department for many years and this topic has arisen in the past. One such workshop was held in 1988 at BIO and a report is available as a DFO Technical Report (No. 1641). It is interesting to compare the 1988 report with the most recent report, namely "The Application of Hydroacoustics in the Department: Current Status and Future Considerations", released in January 2002. Several similar recommendations occur in both documents and the chairman suggested that research managers might do well to compare some of the similarities and consider acting on repetitive recommendations; it would seem that they must be of some importance since they are repeated 14 years later. For example, in the 1988 report, there was a recommendation for a team approach and "networking" (obviously a new term in 1988) while the 2002 report calls for collaboration with other agencies. In the 1988 report, there was a call for centres of excellence in universities and in the 2002 report, the call was for support for university chairs and centres of research.

Of note in the 2002 report and relevant to the current panel is the fact there are over 100 projects in DFO that use hydroacoustics as a data gathering tool. However, except for hydrography, where hydroacoustics is the only tool for data gathering, the use of hydroacoustics has been declining. This appears to be largely due to lack of funding since there is still interest and expertise in the system. Lack of funding was also mentioned as a key issue in the 1988 report. Funding or lack thereof, perceived or otherwise, is a chronic problem and the challenge for the ensuing discussion is to address the question of " Potential uses of hydroacoustics as a research and development tool" without getting too carried away with the problem of funding.

Each of the panel members provided a short overview of his approach to the subject and then the discussion was opened to the floor.

Ian McQuinn, Marine Fish Mammals, Institut Maurice Lamontagne, Mont-Joli, Quebec:
Without hydroacoustics, it is not possible to see into the ocean at the spatio-temporal resolution necessary to understand at the ecosystem level. With the increasing emphasis on the ecosystem approach, there is a missing link in our knowledge base. There is a general consensus that forage species have a fundamental importance for the production of higher trophic levels. I know of no other technology able to give the spatio-temporal resolution necessary to study this ecological component. Hydroacoustics provides a quasi-continuous spatio-temporal resolution throughout the entire water column. We need commitment to realize the full potential of hydroacoustics.

The DFO Discussion paper "Application of Hydroacoustics in DFO" lays out the essential dilemma within the department, although I might add a few qualifications:

- I do not believe that it is specifically stated that the status quo is non-viable: we must make some decisions and move on. Section 4.4 "Hydroacoustics in Decline" describes a rather dismal state of affairs, which left unchecked, can only lead to the slow and painful death of hydroacoustics as far as its application to stock assessment and ecological studies go in Canada.
- The Preservation option is only a stopgap solution, as there is no provision for a succession of young acoustic scientists, although it is admitted that this is essential. We have competent personnel within the Department, and even some very competent and available young people outside DFO. Without the means of incorporating them into the system, this expertise will be lost.
- Only option three commits the Department to be a serious player in the field of fisheries hydroacoustics.

If Canada has developed an international reputation in certain aspects of fisheries hydroacoustics, it has been mainly due to the dedication of scientists who believe in the technology, who have worked for years with insufficient funding, begging, borrowing and stealing equipment; whatever it takes to get the job done. It has been an uphill battle for many of us. The National Hydroacoustics Program relied on an enormous amount of free hours to produce the results that are now touted as significant milestones. Taking the Data Analysis Tools (DAT) project as an example, several reports claim this project to be one of our major achievements, along with the HAC format, which has been adopted by ICES as their international standard. Yet, this project and the support for the HAC have had no funding for 1.5 years, and we are now falling behind our European partners.

Canada is the only ICES-member country involved in fisheries hydroacoustics which has not adopted or is not committed to adopting the HAC data format standard, developed here in Canada, for the collect of hydroacoustic data. All ICES member countries insist on the use of the HAC as a prerequisite for EU funded hydroacoustics projects. Even the Norwegians, who owned the previous de facto standard, have converted to the HAC. Only Canada is lagging behind.

Andrew Cooper, Advisor, Population Status, 200 Kent St., Ottawa, Ontario: Since I have already presented a summary of our analysis on current and future applications in the department just before the coffee break I will not say too much more.

I would like to provide a more strategic perspective based on my experience at the national scale.

I have been involved within several projects that have examined our national mandates and future expectations for science information (eg. Hydroacoustics discussion paper, Stock Assessment Review follow up, Departmental Assessment/Science Assessment).

The Department's past and current focus are predominated by the single-species assessment fisheries-based research, and monitoring that supports the commercial-fishery advisory process. In contrast, under emerging demands from SARA and ecosystem-based approaches, we anticipate future needs will shift to multi-species issues that evaluate populations, species and ecosystems. This will require more integrated research and monitoring programs and presumably the gathering of more information over larger areas to support a multiple stakeholder (fishery, oil & gas, community, aquaculture, etc.) advisory process.

I think that if we are looking for directions for research and development of hydroacoustics technology and other technologies, we should begin to consider the future needs for which new and expanded capacities in monitoring and assessment will be needed.

James Galloway, Supervisor - Sonar Systems, Institute of Ocean Sciences, Sidney, British Columbia: In my view, there are three hydroacoustic elements that are apparent:

1) Single frequency, single beam (including split beam) sonar systems used to measure biomass have finally matured. I do not expect to see significant hardware developments in the next few years. However, software used to process the echoes and, in particular, software used to visualize biomass data

will continue to advance, becoming more automated and perhaps will permit wholesale practical applications on vessels of opportunity in the near future. Of course, DFO will increasingly depend more on commercial vessels to conduct our surveys (with the attendant quality assurance considerations). Here, we should note that multifrequency technology does offer some hope for improvements in our capability to measure and identify stocks.

2) Multibeam sonar offers the best new technology to investigate the pelagic zone, especially for studying schooling and swimming behaviour. This sonar technology can be used to estimate biomass also, albeit at a reduced accuracy relative to that possible with single beam systems. Non-dorsal aspect acoustical measurements suffer from two significant limitations: a changing fish target aspect significantly reduces the biomass estimate; and for schooling fish, coordinated swimming behaviour compounds the target aspect problem, since many fish in the group will generally be collinear at continually changing angles.

3) The benthic zone remains a problem due to the acoustic shadowing issue. However, for those communities that are keyed to bottom type, acoustic seabed classification offers the best new capability to estimate stock size by indirectly measuring the seafloor component of habitat. However, once mapped, this habitat needs to be calibrated, perhaps with adapted traditional fishing technology which can provide accurate benthic community density indices. In addition, optical and high frequency acoustical imaging technologies are limited in range so that broad-brush surveys are not practical, but these systems could contribute to groundtruth for habitat mapping exercises.

Paul Blanchfield, Research Scientist, Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba: The field of telemetry has advanced rapidly over the last 40 years. Specifically, the use of acoustic telemetry technology as a tool to examine problems in animal ecology has become widespread. In general, acoustic telemetry involves the detection of an acoustic signal from a transmitter (i.e. tag) that is attached to, or inserted into, an aquatic organism. The acoustic signal is detected through a hydrophone and transmitted to a receiver. The various types of transmitters currently available allow for the examination of a wide range of questions. Current applications of telemetry to fisheries issues are extensive and include the examination of fish behaviour, physiological changes in fish, fish distribution patterns, home ranges, migration routes and habitat use. The potential uses of acoustic telemetry as a research and development tool within the mandate of Fisheries & Oceans Canada are vast. Clearly, the ability of acoustic telemetry to provide an empirical link between fish location and habitat type is one of the strongest tools for any study of fish habitat use. One area that requires further research is the linking of hydroacoustically-derived data, such as bathymetry and habitat classification, with acoustic fisheries data for the modeling of fish habitat use.

Norman Cochrane, Research Scientist, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia: I am a member of one of the few remaining instrumentation development groups within DFO. Not being a biologist, I will take a more philosophical perspective and speak primarily as a developer and acoustician rather than as an acoustics end-user.

One should distinguish between what acoustics can inherently do well, do reasonably well, and do with some difficulty.

Acoustic wave propagation in stratified and moving media of simple geometries can be described to high accuracy. This gives rise to the current very successful acoustic applications in bathymetric sounding, Doppler current profiling, acoustic positioning and target tracking, and, probably, acoustic measurement of wave spectra - the latter application employing standard acoustic Doppler current profilers.

These acoustic technologies and applications, with the possible exception of wave spectra measurement, are already successfully established and widely employed within DFO.

Acoustics also serves reasonably well as an imaging tool permitting the spatial resolution of fish aggregations by split-beam and multi-beam techniques. Wide application of conventional split-beam

echosounding has already been made in DFO. Newer multi-beam techniques have the ability to delineate biological distributions in 3 dimensions over quite extended volumes. The potential of multi-beam for wide-swath assessment, fish behavioural studies, and the simultaneous detailed mapping of both water column biology and bottom habitat is just beginning to be tapped within DFO and is a strong area for future applications.

What acoustics can do – but with some challenge - is to disclose the specifics (species – length – biomass etc) of biological targets. While acoustic target strengths can be measured quite precisely using modern split-beam sounders, ambiguities in species, target size, and observation aspect make inversion to target specifics difficult. The aspect problem is particularly challenging for multi-beam where targets can be ensonified far from dorsal aspect. Net sampling or the employment of either multiple frequency or broadband echosounders sounders can reduce some of these ambiguities.

Bulk-averaged fish target strengths generally show only a very modest frequency dependence over the range commonly used for echosounding. For zooplankton, a better match exists between organism size and echosounder wavelength making frequency dependencies more pronounced and therefore useful for interpretation. The potential for identifying and assessing centimeter-sized macrozooplankton, especially krill, by multiple frequency techniques has already been demonstrated within DFO. Competitive optical counting is arguably a superior technology for the assessment of typically less sparsely distributed millimeter-sized copepods. Nevertheless, even in the case of fish, the spatial-temporal characteristics of target echoes, rather than simple bulk averaged target strengths, might be expected to show a strong frequency dependence making multiple frequency and broadband systems useful for species classification - provided sufficiently advanced signal processing is employed. Broadband sounders combine the advantages of multi-frequency with superior spatial resolution and profiling range due to the ready employment of pulse compression techniques. Broadband techniques are still in their infancy, with promising potentials yet to be fully defined.

Panel Discussion

Serge Labonté: There is obviously a great deal of hydroacoustics research in Canada (100+ projects). If all of the money spent on hydroacoustics were available, how would it best be spent?

Jim Carscadden: I think the question needs to be turned around. Hydroacoustics is a tool and only one tool among many that might be used to address specific questions. These questions have to be defined and then priorized. Once that is done, then it can be determined whether hydroacoustics is a tool that can be used to answer each particular research question.

Ian McQuinn: Each region is concentrating on different aspects of hydroacoustics application and research. It is important that we maintain a critical mass of expertise so that the priority problems can be addressed.

Clarence Bourque: Comment regarding appropriate vessels for hydroacoustics: many of the current vessels are not appropriate and this needs to be addressed.

Glen Jamieson: Given the move to an ecosystem approach how successful is hydroacoustics at habitat classification and how will the large scale mapping be used?

Jim Galloway: It is possible to map the bottom and classify the bottom into broad categories. It also begs the question of what is an ecosystem?

Glen Jamieson: For benthic animals, bottom habitat is certainly important but for all animals, structure is important.

Jim Carscadden: It is not clear to me what the ecosystem approach means. It has been stated that hydroacoustics will be useful for the ecosystem approach but without some idea of what is really meant by the ecosystem approach it is difficult for me to understand how hydroacoustics will be applied.

Mike Chadwick: From a National perspective there are three main thrusts 1) habitat, 2) bottom classification and 3) stock assessment. We need to involve more of the commercial operations and to use methods which are complementary.

Ian McQuinn: There is a move to have the data collected by other groups, but we need to address issues related to quality of the data and access to the data. And as I mentioned in my opening remarks, there is a need to standardize data format.

Mike Sinclair: Do we need a National Program? Given that the acoustics program is very broad, (eg. including bottom mapping, plankton abundance studies, pelagic fish surveys) perhaps the answer is no. The diverse research program could be supported in a variety of ways, with the technical issues that require national and international coordination handled by the relevant ICES Working Group.

Ian McQuinn: The question should be asked and the pros and cons debated. I would like to repeat a point that I made in my introductory remarks. There is also a need for cultural change in that trawls need acoustics and acoustics need trawls. Acoustics can play a valuable role e.g. The cod demonstration project in the Gulf of St Lawrence produced a better estimate in shorter time. In addition, the 4R herring assessment survey and others demonstrate the practicality of using hydroacoustics routinely for assessments. DFO needs to make a final decision on the future of hydroacoustics once and for all. If no funding is available to implement improved approaches, what is the point?

Steve MacDonald: How much collaboration is there between researchers, especially from different sectors?

Jim Galloway: Speaking from my own experience, bottom data would be collected as part of the CHS program, but will be shared with those who want it.

Dave Moore: What should I focus my efforts on? If bottom habitat is important, what about the other species?

Ian McQuinn: Although this may not answer your question directly, we need to explore new applications and we need support from DFO. We had done some innovative work on sturgeon in the St. Lawrence River that shows that if properly deployed, hydroacoustics can be used in very untraditional situations to give significant results where other techniques have not worked.

Marty Bergmann: There is a team in place to plan and analyze data on Scotian Shelf with regards to oil and gas development. This is one place where acoustics would be useful so it would be foolish not to look at acoustics to be around for the long term.

Name not recorded: Can acoustics determine the impact of fishing on the fishing ground?

Jim Galloway: Pre- and post-acoustic surveys before and after fishing do not see much evidence of change.

Peter Lawton: There is a need to interpret with other tools and get away from hydroacoustics individually. There is a need to consider hydroacoustics as one element of an integrated set of survey technologies, (e.g. along with satellite and video approaches) which allow us to map ocean environments at a greater range of spatial and temporal scales. We need to develop survey packages with multiple sensors, and capabilities for automated signal processing. If we cannot develop integrated packages, then we should obtain a good understanding of the overlaps in specific survey capabilities (spatial and temporal

resolution) and conduct calibration projects. This would, I believe add considerable strength to the proposition that hydroacoustics should be supported within the department.

George Cronkite: I believe it is important that DFO undertake R&D. There are several new technologies which may be applied (eg. Acoustic imaging systems).

Clarence Bourque: The cod demonstration project was a successful example of combining acoustics and trawling, so there seems to be no reason not to do more acoustics-trawls surveys. However, I would repeat my previous point - we need better acoustics vessels for this type of work. As an example, the *Needler* is not a good vessel for combining acoustics and trawling for fisheries research.

Président : James Carscadden, chef de la Section des poissons pélagiques, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, St. John's (Terre-Neuve-et-Labrador)

Participants : Ian McQuinn, James Galloway, Andrew Cooper, Paul Blanchfield et Norman Cochrane.

Rapporteur : Gary Melvin, Station biologique de St. Andrews, St. Andrews (Nouveau-Brunswick)

Dans son introduction, le président mentionne que le groupe de discussion a interprété le titre de la séance de discussion comme indiquant qu'elle porterait sur l'application de l'hydroacoustique en tant qu'outil de recherche plutôt que sur la recherche en hydroacoustique. Le Ministère utilise l'hydroacoustique depuis de nombreuses années, et ce domaine a déjà fait l'objet de discussions. Un atelier sur l'hydroacoustique a été tenu en 1988 à l'IOB et a fait l'objet d'un rapport technique du MPO (n° 1641). Il est intéressant de comparer ce rapport avec le plus récent, intitulé « Application de l'hydroacoustique au Ministère : situation actuelle et considérations futures », publié en janvier 2002. Plusieurs recommandations semblables figurent dans ces deux rapports. Le président suggère que les gestionnaires de recherche comparent ces recommandations et envisagent de donner suite à celles qui sont répétées; ces dernières doivent être d'une certaine importance étant donné qu'elles ont été formulées à 14 ans d'intervalle. Par exemple, dans le rapport de 1988, on recommandait une démarche en équipe et le « réseautage » (évidemment un nouveau terme à cette époque), tandis que dans le rapport de 2002, on recommandait la collaboration avec d'autres organismes. De plus, dans le rapport de 1988, on conseillait d'appuyer les centres d'excellence universitaires, tandis que dans le rapport de 2002, on préconisait l'appui des chaires et centres de recherche universitaires.

Dans le rapport de 2002, on mentionnait que plus de 100 projets du MPO recourent à l'hydroacoustique comme outil de collecte de données. L'utilisation de l'hydroacoustique est cependant en déclin, sauf dans le domaine de l'hydrographie où elle constitue le seul outil de collecte de données. Cette situation semble être principalement due à un manque de financement puisque l'hydroacoustique suscite toujours de l'intérêt et que l'expertise existe encore. Le manque de financement constituait également un problème important en 1988. Le financement est un problème chronique, et le défi pour les participants à la séance de discussion intitulée « Utilisations potentielles de l'hydroacoustique comme outil en recherche et développement », est de ne pas se laisser emporter par ce problème.

Chaque participant à la discussion donne un aperçu de son opinion sur ce sujet, puis la discussion est entamée.

Ian McQuinn, Division des poissons et des mammifères marins, Institut Maurice-Lamontagne, Mont-Joli (Québec) : Sans l'hydroacoustique, il est impossible d'étudier l'océan avec la résolution spatio-temporelle nécessaire pour bien comprendre les écosystèmes. L'importance grandissante accordée à l'approche écosystémique révèle qu'il y a des lacunes dans nos

connaissances. Il existe un consensus général voulant que les espèces fourrages constituent un élément essentiel à la production des niveaux trophiques supérieurs. Je ne connais aucune autre technologie qui nous offre la résolution spatio-temporelle nécessaire pour étudier cette composante écologique. L'hydroacoustique offre une résolution spatio-temporelle quasi continue dans l'ensemble de la colonne d'eau. Nous devons nous engager à profiter pleinement des possibilités offertes par cette technique.

Le document de travail du MPO intitulé « Application de l'hydroacoustique au Ministère » présente le principal dilemme au sein du ministère. J'aimerais cependant faire quelques remarques à propos de ce document :

- Je ne crois pas qu'il y soit dit expressément que le *statu quo* n'est pas viable. Nous devons prendre certaines décisions et passer à autre chose. La section 4.4, « Déclin de l'hydroacoustique », décrit une situation plutôt déplorable qui, si elle est ignorée, ne peut qu'entraîner le lent et difficile abandon de l'hydroacoustique dans l'évaluation des stocks et les études écologiques menées au Canada.
- L'option de maintien de la capacité en hydroacoustique n'est qu'une solution temporaire puisque qu'elle ne prévoit aucun recrutement de jeunes spécialistes en hydroacoustique, même si l'on en reconnaît l'importance. Le Ministère est doté d'un personnel compétent, et il existe des jeunes très compétents et libres qui ne font pas partie du MPO. Cependant, sans les moyens de les intégrer dans le système, leurs compétences seront perdues.
- Seule la troisième option engage le Ministère à jouer un rôle important dans le domaine de l'hydroacoustique halieutique.

Si le Canada a acquis une réputation internationale en hydroacoustique halieutique, il le doit principalement au dévouement des scientifiques qui croient en la technologie, qui travaillent depuis de nombreuses années avec des fonds insuffisants et qui sollicitent, empruntent et volent de l'équipement, bref, qui font tout ce qui est en leur pouvoir pour effectuer leur travail. Pour nombre d'entre nous, ce fut une dure bataille. Le Programme national de relevés hydroacoustiques a nécessité un très grand nombre d'heures non rémunérées avant de donner les résultats qui sont maintenant considérés comme des jalons importants. Si l'on prend l'exemple du projet d'outils d'analyse de données (OAD), plusieurs auteurs de rapports estiment qu'il s'agit de l'une de nos plus grandes réalisations, tout comme le format HAC qui a été adopté par le CIEM à titre de norme internationale. Malgré cela, aucun financement n'a été alloué à ce projet ni à l'appui du format HAC depuis un an et demi, et nos partenaires européens commencent à nous devancer.

Le Canada est le seul pays membre du CIEM qui travaille dans le domaine de l'hydroacoustique halieutique et qui n'a pas adopté, ou ne s'est pas engagé à adopter, le format de données normalisé HAC, qu'il a lui-même élaboré, pour la collecte de données hydroacoustiques. Tous les pays membres du CIEM exigent l'utilisation de ce format comme prérequis aux projets d'hydroacoustiques financés par l'Union européenne. Même les Norvégiens, qui avaient créé le format normalisé *de facto* précédent, ont adopté le format HAC. Seul le Canada traîne de la patte.

Andrew Cooper, conseiller, État des populations, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) : Puisque j'ai déjà présenté, tout juste avant la pause-café, un résumé de notre analyse des applications actuelles et futures au sein du ministère, je n'ai que quelques commentaires à ajouter.

Je désire fournir un point de vue plus stratégique fondé sur mon expérience à l'échelle nationale.

J'ai participé à plusieurs projets d'examen de nos mandats nationaux et de nos attentes en matière d'informations scientifiques (p. ex. document de travail sur l'hydroacoustique, suivi de l'examen de l'évaluation des stocks, évaluation du Ministère et de ses activités scientifiques).

Le Ministère a toujours accordé une plus grande importance à la recherche halieutique fondée sur les évaluations d'espèces individuelles et sur la surveillance à l'appui du processus consultatif de la pêche commerciale. Par contre, en raison des nouvelles exigences de la *Loi sur les espèces en péril* et des

approches écosystémiques, nous prévoyions que les besoins futurs porteront principalement sur des enjeux plurispécifiques axés sur l'évaluation des populations, des espèces et des écosystèmes. Cela nécessitera davantage de programmes de recherche et de surveillance intégrés et, vraisemblablement, la collecte de plus de données à des échelles plus vastes afin d'appuyer un processus consultatif regroupant plusieurs parties intéressées (pêches, industries pétrolière et gazière, collectivités, aquaculture, etc.).

Si nous cherchons à orienter la recherche et le développement dans le domaine de l'hydroacoustique et d'autres technologies, nous devrions commencer à étudier les besoins futurs qui requerront des capacités de surveillance et d'évaluation nouvelles et améliorées.

James Galloway, superviseur, systèmes sonar, Institut des sciences de la mer, Sidney (Colombie-Britannique) : J'ai trois points à aborder concernant l'hydroacoustique :

1) Les systèmes sonar monofréquence à faisceau unique (y compris à faisceau divisé) pour mesurer la biomasse ont finalement fait leurs preuves. Je ne m'attends pas à ce qu'il y ait de développements importants en matière de matériel au cours des prochaines années. Cependant, les logiciels de traitement des échos et, en particulier, ceux qui permettent de visualiser des données de biomasse continueront d'être améliorés afin qu'ils deviennent plus automatisés. Ils permettront peut-être de généraliser l'utilisation de cette technique sur divers navires dans un proche avenir. Évidemment, le MPO devra de plus en plus compter sur les navires commerciaux pour effectuer ses relevés (et composer avec les aspects connexes liés à l'assurance de la qualité). Il convient de noter que la technologie multifréquence offre un certain espoir d'amélioration de notre capacité de mesure et d'identification des stocks.

2) Les sonars à faisceaux multiples constituent la meilleure nouvelle technologie pour étudier la zone pélagique et, plus particulièrement, les bancs de poissons et leur comportement de nage. Cette technologie est également utile pour estimer la biomasse, quoiqu'elle offre moins d'exactitude que les systèmes à faisceau unique. Les mesures acoustiques non verticales comportent deux limitations importantes : un changement de l'angle d'incidence des impulsions sonores sur les poissons cibles entraîne une réduction importante de l'estimation de la biomasse; pour les poissons se rassemblant en bancs, un comportement de nage coordonné complique le problème lié à l'orientation de la cible, puisque de nombreux poissons d'un même groupe sont en général colinéaires et changent de trajectoire continuellement.

3) Le phénomène d'ombre acoustique pose toujours un problème pour l'étude hydroacoustique de la zone benthique. Pour les communautés associées à des types d'habitat benthique précis, la classification acoustique des fonds marins offre la meilleure nouvelle capacité d'estimation indirecte de la taille des stocks en mesurant la composante benthique de l'habitat. Une fois cartographié, cet habitat doit cependant être étalonné, possiblement à l'aide de technologies de pêche classiques adaptées qui peuvent fournir des indices de densité exacts de la communauté benthique. De plus, les relevés à large fauchée ne sont pas réalisables en raison de la portée limitée des technologies d'imagerie optique et acoustique à haute fréquence. Ces systèmes pourraient toutefois servir à la vérification sur place dans les travaux de cartographie de l'habitat.

Paul Blanchfield, chercheur, Institut des eaux douces, Winnipeg (Manitoba) : Le domaine de la télémétrie a évolué rapidement au cours des 40 dernières années. Plus précisément, l'utilisation de la télémétrie acoustique comme outil d'analyse de problèmes liés à l'écologie animale s'est étendue. En général, cette technologie consiste à détecter un signal acoustique provenant d'un émetteur fixé sur un organisme aquatique, ou inséré dans celui-ci. Le signal acoustique est détecté à l'aide d'un hydrophone, puis transmis à un récepteur. Les divers types d'émetteurs disponibles à l'heure actuelle permettent l'étude d'une vaste gamme de questions. Les applications actuelles de la télémétrie en science halieutique sont nombreuses et comprennent l'étude du comportement des poissons, de leurs changements physiologiques, de leurs répartitions géographiques, de leurs domaines vitaux, de leurs voies de migration et de leur utilisation de l'habitat. Les possibilités d'utilisation de la télémétrie acoustique

comme outil de recherche et développement dans le cadre du mandat de Pêches et Océans Canada sont nombreuses. Il est évident que la capacité de cette technologie à établir un lien empirique entre l'emplacement du poisson et le type d'habitat constitue l'un des meilleurs outils pour toute étude sur l'utilisation de l'habitat par les poissons. Il faut poursuivre les recherches sur le couplage des données dérivées de l'hydroacoustique, telles que les données bathymétriques et celles sur la classification des habitats, aux données acoustiques sur les pêches dans le but de modéliser l'utilisation de l'habitat par les poissons.

Norman Cochrane, chercheur, Institut océanographique de Bedford, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) : Je suis membre de l'un des derniers groupes de conception d'instruments au sein du MPO. Puisque je ne suis pas un biologiste, je vais offrir un point de vue plus philosophique sur la question et participer à la discussion principalement à titre de concepteur et d'acousticien plutôt que d'utilisateur des relevés acoustiques.

Il est important de faire la distinction entre ce que l'acoustique permet de bien réaliser, de réaliser raisonnablement bien et de réaliser avec certaines difficultés.

La propagation d'ondes acoustiques dans les milieux fluides et stratifiés de géométrie simple peut être décrite avec une grande exactitude. Cela a permis les applications acoustiques actuelles très efficaces pour les sondages bathymétriques, la détermination de profils Doppler de courants marins, le positionnement acoustique, le suivi de cibles et, probablement, la mesure acoustique du spectre des vagues; cette dernière application nécessite l'utilisation de profileurs de courant à effet Doppler standard.

Ces technologies et applications acoustiques, à l'exception peut-être de la mesure du spectre des vagues, sont déjà bien établies et très utilisées au sein du MPO.

L'acoustique constitue également un relativement bon outil d'imagerie permettant l'étude spatiale des concentrations de poissons à l'aide de techniques à faisceau partagé ou à faisceaux multiples. L'application étendue de l'échosondage à faisceau partagé classique est déjà chose faite au sein du MPO. Les techniques à faisceaux multiples plus récentes permettent de délimiter les répartitions biologiques en trois dimensions dans de très grands volumes d'eau. Le MPO ne fait que commencer à exploiter les possibilités des techniques à faisceaux multiples dans les évaluations à large fauchée, les études du comportement des poissons et la cartographie détaillée simultanée de la colonne d'eau et de l'habitat du fond. Ces techniques constituent une source importante d'applications futures.

L'acoustique permet également, avec quelques difficultés, de déterminer les caractéristiques (espèce, longueur, biomasse, etc.) de cibles biologiques. Les indices de réflection des cibles peuvent être mesurés avec précision à l'aide de sondeurs à faisceau divisé modernes, mais les ambiguïtés liées à l'espèce, la taille et l'orientation de la cible rendent l'interprétation des résultats difficile. Le problème de l'orientation de la cible est particulièrement complexe pour la technologie à faisceaux multiples lorsque l'angle d'incidence des impulsions sonores sur les cibles s'écarte beaucoup de la verticale. L'échantillonnage au filet ou l'utilisation d'échosondeurs multifréquences ou à large bande peuvent réduire certaines de ces ambiguïtés.

En général, la moyenne des indices de réflexion des cibles ne dépend que très légèrement de la fréquence, pour la gamme des fréquences habituellement utilisées lors de l'échosondage. En ce qui a trait au zooplancton, il existe un meilleur lien entre la taille des organismes et la longueur d'onde de l'échosondeur, ce qui a pour effet d'augmenter l'influence de la fréquence et de la rendre utile à l'interprétation. Le MPO a déjà démontré l'utilité des techniques multifréquences pour identifier et évaluer le macrozooplancton de l'ordre du centimètre, surtout le krill. Le dénombrement optique est probablement une technologie supérieure pour évaluer les copépodes de l'ordre du millimètre à répartition habituellement moins dispersée. Néanmoins, nous pourrions nous attendre à ce que, même dans le cas des poissons, les caractéristiques spatiales et temporelles des échos de cibles dépendent grandement de la fréquence, contrairement à la moyenne des indices de réflection des cibles. Ainsi, les systèmes

multifréquences et à large bande serait utiles pour la classification des espèces, à condition qu'une méthode de traitement des signaux suffisamment avancée soit utilisée. Les sondeurs à large bande allient les avantages de la multifréquence et une résolution spatiale et une portée supérieures en raison de l'utilisation des techniques de compression des impulsions. Les techniques à large bande sont toutes nouvelles, et nous n'avons que des connaissances limitées sur leurs possibilités.

Discussion de groupe

Serge Labonté : Il est évident qu'il y a beaucoup de recherches hydroacoustiques au Canada (plus de 100 projets). Comment devrait-on dépenser les fonds alloués à l'hydroacoustique?

Jim Carscadden : Je crois que nous devons retourner cette question. L'hydroacoustique n'est qu'un outil parmi de nombreux autres qui pourraient être utilisés pour répondre à des questions précises. Nous devons d'abord définir ces questions et les classer par ordre de priorité avant de déterminer au cas par cas si l'hydroacoustique convient.

Ian McQuinn : Chaque Région se penche sur des aspects différents des applications de l'hydroacoustique et de la recherche dans ce domaine. Il est important que nous conservions une masse critique d'expertise afin de pouvoir résoudre les problèmes prioritaires.

Clarence Bourque : Je tiens à souligner qu'il n'existe actuellement que très peu de navires qui sont adaptés pour la recherche hydroacoustique et que nous devrions remédier à cette situation.

Glen Jamieson : Étant donné la transition vers une approche écosystémique, quelle est l'efficacité de l'hydroacoustique dans la classification des habitats et quelle sera l'utilité de la cartographie à grande échelle?

Jim Galloway : Il est possible de cartographier le fond et de le classer en grandes catégories. Nous devons également définir ce qu'est un écosystème.

Glen Jamieson : Pour les animaux benthiques, l'habitat du fond est certainement important, mais pour l'ensemble des animaux, c'est la structure qui importe.

Jim Carscadden : On prétend que l'hydroacoustique sera très utile dans l'approche écosystémique. Je ne comprends toutefois pas exactement ce que signifie l'approche écosystémique, et, de ce fait, il m'est difficile de comprendre quelles seront les applications de l'hydroacoustique dans le cadre de cette approche.

Mike Chadwick : Sur le plan national, il existe trois principaux axes de recherche : 1) l'habitat; 2) la classification des fonds; 3) l'évaluation des stocks. Nous devons recruter davantage d'entreprises commerciales et utiliser des méthodes complémentaires.

Ian McQuinn : Nous tentons de transférer la responsabilité de la collecte des données à d'autres groupes, mais nous devons aborder les questions ayant trait à la qualité des données et à l'accès à celles-ci. De plus, comme je l'ai mentionné dans mon introduction, nous devons normaliser le format de données.

Mike Sinclair : Avons-nous besoin d'un programme national? Étant donné que le programme de relevés acoustiques est très vaste (il comprend la cartographie du fond marin, des études sur l'abondance du plancton et des relevés de poissons pélagiques), il est possible que non. Il serait possible d'appuyer le programme de recherche diversifié de différentes façons, et le groupe de travail du CIEM dans ce domaine s'occuperait des questions techniques qui requièrent une coordination nationale ou internationale.

Ian McQuinn : Nous devrions aborder cette question et peser les avantages et les inconvénients. Je tiens à répéter une affirmation que j'ai faite dans mon introduction. Il faut opérer un changement de point de vue en reconnaissant que l'utilisation des chaluts et les relevés acoustiques se complètent et se renforcent mutuellement. L'acoustique peut jouer un rôle important, comme l'a montré le projet de démonstration qui a fourni une meilleure estimation du stock de morue dans le golfe du Saint-Laurent en moins de temps. De plus, le relevé d'évaluation du stock de hareng de 4R et d'autres relevés montrent la valeur pratique de l'utilisation régulière de l'hydroacoustique dans les évaluations. Le MPO doit, une fois pour toute, prendre une décision finale sur l'avenir de l'hydroacoustique. Quelle en est l'utilité s'il n'y a pas de fonds disponibles pour mettre en œuvre les approches améliorées?

Steve MacDonald : Quel est le degré de collaboration entre les chercheurs, surtout entre des secteurs différents?

Jim Galloway : Selon mon expérience, les données sur les fonds marins seraient recueillies dans le cadre du programme du SHC, mais elles seraient à la disposition des personnes intéressées.

Dave Moore : Sur quoi devrais-je concentrer mes efforts? Si l'habitat du fond est important, qu'en est-il des autres espèces?

Ian McQuinn : Bien que cela ne réponde peut-être pas directement à votre question, nous devons étudier de nouvelles applications et obtenir l'appui du MPO. Nous avons effectué des travaux novateurs sur l'esturgeon dans le fleuve Saint-Laurent qui montrent que, si l'hydroacoustique est adéquatement exploitée, elle peut être utilisée et donner des résultats significatifs dans des situations non classiques où d'autres techniques ont échoué.

Marty Bergmann : Une équipe est en place pour planifier les recherches et analyser les données sur le plateau néo-écossais relativement aux exploitations pétrolières et gazières. L'acoustique serait utile à cette équipe, et il serait donc ridicule d'envisager un avenir sans cette technique.

Nom non consigné : L'acoustique peut-elle permettre de déterminer les effets de la pêche sur les lieux de pêche?

Jim Galloway : Il existe peu de différences entre les relevés acoustiques effectués avant et après une pêche.

Peter Lawton : Nous devons utiliser d'autres outils et cesser d'utiliser exclusivement l'hydroacoustique. Nous devons considérer l'hydroacoustique comme un élément d'un ensemble intégré de technologies de relevé (comprenant les technologies satellitaires et vidéo) qui nous permet de cartographier des milieux océaniques à davantage d'échelles spatiales et temporelles. Nous devons élaborer des relevés intégrés utilisant de multiples capteurs ainsi que des capacités de traitement automatisé des signaux. Si nous ne pouvons élaborer des relevés intégrés, nous devrions approfondir nos connaissances sur les chevauchements entre les capacités des différentes techniques de relevé (résolution spatiale et temporelle) et réaliser des projets d'étalonnage. Je crois que de telles mesures appuieraient grandement la proposition voulant que le Ministère finance les recherches hydroacoustiques.

George Cronkite : J'estime qu'il est important que le MPO se lance dans la recherche et le développement. Plusieurs nouvelles technologies pourraient s'avérer utiles (p. ex. systèmes d'imagerie acoustique).

Clarence Bourque : Le projet de démonstration sur la morue a été une expérience réussie de combinaison de l'acoustique avec l'utilisation de chaluts. Il semble donc n'y avoir aucune raison de ne pas effectuer d'autres relevés combinés de ce type. Je tiens cependant à répéter que nous avons besoin de meilleurs navires pour effectuer ces travaux. À titre d'exemple, le *Needler* n'est pas un navire convenable pour réaliser ces relevés combinés.

Session/ Séance 2 : Modelling of the ecosystem including interactions with physical habitat/ Modélisation de l'écosystème, y compris les interactions avec l'habitat physique

Jim Helbig, National Capital Region/ Région de la capitale nationale

Preamble:

The seven presentations in the second session were split into two themes: Ecosystem Modelling and Ecosystem-Habitat Interactions.

The words 'models' and 'modelling' have a large number of meanings. On the one hand, they often denote a description of a physical and/or biological system defined by a set of equations that are usually solved numerically. On the other, they can denote a conceptual, perhaps heuristic notion of how an ecosystem might function – e.g., how various components of the biological community might be affected by their physical environment. Both types of models are important. The intent of this session was to solicit contributions from all types of modellers interested in the interaction between biological communities and their environment. This intent was amply realised as presentations were made of a wide variety of models or field studies.

Préambule:

Les sept présentations de la deuxième séance ont été groupées sous deux thèmes : la modélisation de l'écosystème et les interactions écosystème-habitat.

Les termes « modèle » et « modélisation » prennent de nombreuses significations. D'une part, ils désignent souvent une description d'un système physique ou biologique défini par un ensemble d'équations numériques. D'autre part, ils peuvent désigner une représentation conceptuelle, parfois heuristique, du fonctionnement possible d'un écosystème – p. ex. comment le milieu physique peut influer sur diverses composantes de la communauté biologique. Les deux types de modèles sont importants. Cette séance avait pour objectif de réunir des contributions de modélisateurs de toutes sortes qui s'intéressent aux interactions entre les communautés biologiques et leur milieu. L'objectif a été amplement atteint puisque les présentations ont abordé un large éventail de modèles ou d'études de terrain.

Session/ Séance 2 : Modelling of the ecosystem including interactions with physical habitat/ Modélisation de l'écosystème, y compris les interactions avec l'habitat physique

Topic/ Thème 1 : Ecosystem modelling/ Modélisation de l'écosystème

Trophodynamic modelling of the Patagonia marine community, south-western South Atlantic, Argentina/ Modélisation trophodynamique de la communauté marine de la Patagonie (Argentine), dans le sud-ouest de l'Atlantique Sud.

Mariano Koen-Alonso, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, Northwest Atlantic Fisheries Centre, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-2047 Fax: (709)772-4188 E-mail: Koen-AlonsoM@dfo-mpo.gc.ca *and* Peter Yodzis University of Guelph, Department of Zoology, Guelph, Ontario N1G 2W1 / Mariano Koen-Alonso, Pêches et Océans Canada, Region de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, C.P. 5667, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-2047 Téléc. : (709) 772-4188 Courriel : Koen-AlonsoM@dfo-mpo.gc.ca *et* Peter Yodzis, Université de Guelph, Département de zoologie, Guelph (Ontario) N1G 2W1

Abstract: The Patagonian marine community has an interesting history of exploitation. Between 1920 and 1960, the sea lion population was heavily harvested, in the 1970s began the development of the hake fishery, and in the 1980s the squid fishery started. In the 1990s, these two fisheries combined represented annual catches of 500-1000 thousand tonnes. Also during this decade the sea lion population showed a clear recovery, whilst the hake population declined dramatically. Since the sea lion feeds on both species, and they also are, together with the anchovy, key species of this community, we developed a 4-species model to study the trophodynamic of this system. The model fits reasonably well the available data, particularly the sea lion and hake time series. Exploring the behaviour of the model under different exploitation scenarios we found that the squid fishery reduces the recovery of the hake population, but the hake fishery improves the equilibrium biomass of squid. Also, both fisheries promote the sea lion recovery. The harvesting of sea lion increases the equilibrium biomass of hake, but reduces the corresponding biomass of squid.

Résumé : L'historique de l'exploitation de la communauté marine de la Patagonie est intéressante. De 1920 à 1960, la population d'otaries a fait l'objet d'une chasse intensive; la pêche du merlu a débuté dans les années 1970, et celle du calmar dans les années 1980. Dans les années 1990, ces deux pêches totalisaient des captures annuelles d'un demi à un million de tonnes. Durant cette décennie, la population d'otaries s'est nettement rétablie, tandis que la population de merlus a fortement chuté. Comme l'otarie, le calmar et le merlu, deux espèces dont elle se nourrit, et l'anchois constituent les espèces clés de la communauté, nous avons mis au point un modèle des quatre espèces pour étudier la trophodynamique de l'écosystème. Notre modèle accommode assez bien les données disponibles, particulièrement les séries chronologiques pour l'otarie et le merlu. L'application du modèle à différents scénarios d'exploitation indique que la pêche du calmar réduit le rétablissement de la population de merlus et que la pêche du merlu accroît la biomasse à l'équilibre de la population de calmars. Les deux pêches favorisent le rétablissement de l'otarie, tandis que la chasse à l'otarie accroît la biomasse à l'équilibre du merlu, mais réduit celle du calmar.

Development of a plankton model for physical-biological modelling in the NW Atlantic/ Développement d'un modèle planctonique pour la modélisation physique-biologique dans l'Atlantique N.O.

Alain Vézina, Benoit Casault and Svetlana Losa, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-7706 Fax: (902) 426-9830 E-mail:

VezinaA@dfo-mpo.gc.ca / Alain Vézina, Benoit Casault et Svetlana Losa, Pêches et Océans Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-7706 Téléc. : (902) 426-9830 Courriel : VezinaA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Our mandate is to develop the modeling capability to link ocean physics to plankton dynamics in the NW Atlantic. Such capability is needed to investigate issues such as interannual variability in fish recruitment and climate impacts on marine ecosystems. The main focus here is on the evaluation of a very simple physical-biological model against climatologies of chlorophyll (phytoplankton biomass) and nutrients on the Scotian Shelf (SS). The model is run in diagnostic mode, which means that the physical and biochemical (i.e., nutrients) controls on the biological dynamics (but not the dynamics) are specified from ocean observations. The diagnostic model captured regional differences such as the low biomass of the central part of the SS compared to the eastern and western ends of the SS and also differences in the development of the spring bloom between the western part and the rest of the SS. The model appears as a reasonable starting point for prognostic simulations, where the physical and biochemical controls evolve as a function of climate variables (i.e. air temperature, winds). Our current prognostic modelling work will be briefly mentioned.

Résumé : Notre mandat est the développer une capacité de modélisation permettant de lier la physique des océans à la dynamique du plancton dans l'Atlantique N.O. Cette capacité est requise pour l'investigation de problèmes tel que la variabilité du recrutement d'espèces halieutiques et les impacts du climat sur les écosystèmes marins. La présentation se concentrera sur l'évaluation d'un modèle physique-biologique très simple en comparaison avec les climatologies de la chlorophylle et des sels nutritifs pour le plateau Néo-Écossais (PNE). Le modèle est roulé en mode diagnostique, ce qui veut dire que les contrôles physiques et biochimiques (ex. sels nutritifs) sur la dynamique biologique (mais pas la dynamique) sont spécifiés par des observations océaniques. Le modèle diagnostique capture des différences régionales tel que la faible biomasse dans la partie centrale du PNE comparée aux parties est et ouest du PNE et aussi des différences dans le développement du bloom phytoplanctonique entre la partie ouest et la reste du PNE. Le modèle apparaît comme un bon point de départ pour des simulations prognostiques, dans lesquelles les contrôles physiques et biochimiques évoluent en fonction de variables climatiques (ex. température de l'air et les vents). Nous mentionnerons brièvement nos travaux en cours en modélisation prgnostique.

Modelling circulation and transport in the presence of extensive mussel aquaculture/ Modélisation de la circulation et du transport en présence d'installations de mytiliculture extensive.

Gary Bugden, Edward Horne, Tim Milligan, Barry Hargrave and Peter Cranford, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-5745 Fax: (902) 426-7827 E-mail: BugdenG@dfo-mpo.gc.ca / Gary Bugden, Edward Horne, Tim Milligan, Barry Hargrave et Peter Cranford, Pêches et Océans Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-5745 Téléc. : (902) 426-7827 Courriel : BugdenG@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Some preliminary results from the ESSRF Project Integrated Ecosystem Studies for Modelling Mussel Aquaculture - Environment Interactions are presented. The geographic focus of this project is Tracadie Bay in northern PEI, an inlet extensively leased for mussel aquaculture. Among the project deliverables is the development of predictive models of water circulation, mussel growth, carrying capacity, and ecosystem impact. This presentation will describe initial progress on several models of varying complexity. The models are used to address topics such as the influence of mussel culture on the phytoplankton distribution and nutrient dynamics including agricultural influences as well as the impact of mussel aquaculture on the benthic community. A 2-D finite element circulation model is used in an attempt to describe the details of the observed chlorophyll distribution in the bay and to estimate nutrient fluxes from the outer Gulf of St Lawrence and the agrarian watershed. A simple 1-D model is used to

examine the details of the vertical dissolved oxygen distribution within the bay. Some suggestions for the direction of further study are made.

Résumé : Nous présentons quelques résultats préliminaires du projet du FRSSE intitulé Études intégrées de l'écosystème pour la modélisation des interactions entre la mytiliculture et l'environnement. Le projet porte sur la baie Tracadie située dans le nord de l'Î.-P.-É. et largement exploitée par des concessions mytilicoles. Le projet vise notamment à mettre au point des modèles de prévision de la circulation de l'eau, de la croissance des moules, de la capacité biotique du milieu et des effets de la mytiliculture sur l'écosystème. Dans cette communication, nous décrirons les premiers progrès accomplis dans la mise au point de divers modèles de complexité variable servant notamment à étudier l'influence de la mytiliculture sur la répartition du phytoplancton et la dynamique des éléments nutritifs (en tenant compte des effets de l'agriculture) et les incidences de la mytiliculture sur la communauté benthique. Nous utilisons un modèle de circulation bidimensionnel à éléments finis pour décrire en détail la répartition de la chlorophylle observée dans la baie et estimer les apports d'éléments nutritifs provenant du golfe du Saint-Laurent et du bassin versant agricole de la baie. Un simple modèle unidimensionnel sert à étudier la répartition verticale de l'oxygène dissous dans la baie. Nous ferons quelques suggestions sur l'orientation à donner à la poursuite de ces études.

Modelling size dependent predation in the northern Gulf of St. Lawrence foodweb/ Modélisation de la prédation liée à la taille dans le réseau alimentaire du nord du golfe du Saint-Laurent.

Daniel Duplisea and Mike Hammill, Fisheries and Oceans Canada, Quebec Region, Institut Maurice-Lamontagne, P.O. Box 1000, Mont-Joli, QC G5H 3Z4 Tel.: (418) 775-0881 *or* (418) 775-0580 Fax: (418) 775-0740 *or* (418) 775-0542 E-mail: DupliseaD@dfo-mpo.gc.ca *or* HammillM@dfo-mpo.gc.ca / Daniel Duplisea et Mike Hammill, Pêches et Océans Canada, Région du Québec, Institut Maurice-Lamontagne, C.P. 1000, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Tél. : (418) 775-0881 Téléc. : (418) 775-0740 Courriel : DupliseaD@dfo-mpo.gc.ca *ou* HammillM@dfo-mpo.gc.ca

Background

Fish stocks in the Northern Gulf of St. Lawrence are presently at very low biomass levels. Cod particularly are near the lowest known levels. Though fish stocks are at low levels, abundance of seals, especially harp seals, are near their highest known levels. Fish stocks have clearly been driven to their low levels primarily by historical overfishing exacerbated by environmental changes such as cool of water and likely by alterations in food webs owing to these changes.

In 1994, the fishery for cod in the Northern Gulf was stopped. With a small increase in the abundance of the stock a small fishery was reopened in 1997 and continues to present the present day. Despite this curtailment of fishing effort, stocks continue to decline. The continuing fishery, albeit small, is responsible for this yet it also appears that factors extrinsic to the growth, birth and death rates of the stocks may have become more important after the late 1980's when environmental conditions changed and stocks were at low levels.

One hypothesis for an extrinsic change affect southern gulf cod stock growth is that predation by pelagic fish on pre-recruit cod and on adult cod by seals increased in the late 1980s with the increasing abundance of these cod predators in the system (Swain et al. 2000). This statistical study provided compelling results indicating that pelagics were likely important in Southern Gulf cod stock growth but did not validate any particular mechanism. Clearly such a validation would require considerable field data on predator stomach contents. Some of these data exist already yet only with a spatial and temporal coverage sufficient to answer questions about specific times and places but not generalisable to the entire region or for total predation. Despite the lack of empirical data to address this general question, it is still possible to examine using a more theoretical allometric parameterisation of predator – prey relationships.

For this work we have available to us time series of the abundance at size of surveyed fish biomass and seals in the Northern Gulf of St. Lawrence since 1984. Our question is what was the potential predation pressure on various body sizes of fish in the Northern Gulf over the years for which we have data. Abundance data can only provide part of an answer to this question, the rest must come from empirical feeding studies or a theory of predation in the systems. We chose to follow the latter in order to come up with a very general method.

Allometric predation and metabolism in aquatic systems

It is good assumption that swimming aquatic predators (squid, fish, seals) eat prey of sizes in proportion to the predator size (Peters 1983; Thiebaux & Dickie 1993). The preferred predator/prey body weight ratio for cod and silver hake, which are predominantly fish eating predators, is between about 500 and 1500 (dimensionless) (Hahm & Langton 1984). This ratio is roughly log normally distributed about these means for these predators. This accords with a size spectrum model fitting which suggests a ratio of 1000 is reasonable in a Canadian Shield lake (Thiebaux & Dickie 1993). In this study we assumed that this theory was true for all our surveyed fish size as well as seals (Fig. 1).

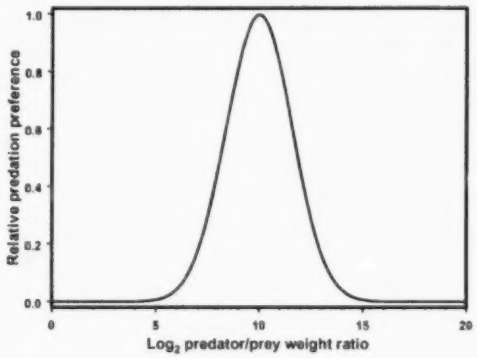


Figure 1: Gaussian distribution (log Normal) of predator/prey weight ratios used to theoretically parameterise the predation preference of a particular predator size for a particular prey size.

Fig. 1 enabled us to determine relative prefences for different prey sizes for a predator of any given size. After the relative preferences for each prey size were calulculated for all predator sizes, the preferences were normalised to sum to 1 for each predator, i.e. the predators entire feeding arena of sizes is assumed to be modelled by Fig 1.

The metabolism of organisms of different sizes can also be modelled using allometric relationships (Peters 1983) (Fig 2). Metabolism tends to differ from energetic demand by a constant factor which relates to efficiency of metabolising total energy input. Relationships like Fig 2 were used to model energetic demand for both fish and seal predators:

(1) $$D = \frac{A}{\rho} \cdot 293 \cdot W^{0.75} \cdot S$$

where D is the energy required (kJ/day), A is an activity factor which was set at 2 for seals, ρ is the porportion of energy intake which is metabolisable, W is the body mass (kg), and S is a proportional increase in energy demand required by young seals (Hammill & Stenson 2000). For fish we assumed that

energy S=1 and that A=2, i.e. in accordance with Fig 2 the intercept of the poikilotherm curve was reduced from that of the homeotherms by a constant factor.

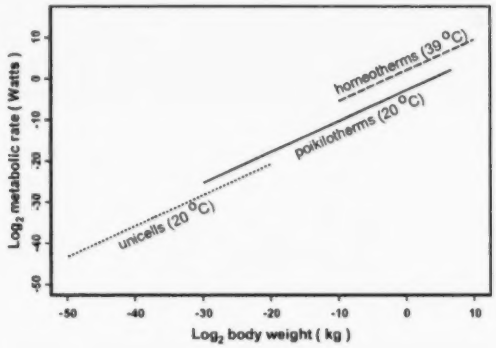


Figure 2: Metabolic rate as a function of body size for unicells, poikilotherms and homeotherms. Reproduced from equations 3.1 to 3.3 in (Peters 1983).

Thus from Fig 2 and eq 1, it is possible to determine necessary energy demand in order to metabolise, grow and reproduce (i.e, ration) for each predator size. Furthermore from Fig. 1 it is possible to determine the prey sizes from which each predator size prefers to feed. Therefore it is possible to reallocate the energy demand by a predator over the prey size range according to Fig 1.

At this point in the analysis the empirical data on abundance of each predator size can be used to multiply the demand by single predators of different size as described above. Hence we come up with a community level predation pressure on each size of prey given the abundance of predators of different size at each year.

Temporal trends in the potential predation pressure on different prey sizes

Given the abundance and size distribution of the Northern Gulf fish (as predators), the potentially most heavily prey upon size is about 40 g (Fig. 3); however, this heavy predation pressure 1989 to included prey up to 75 g and in all years included prey smaller than 1 g. Hence fish, as predators, are targeting small fish prey usually at pre-recruit (to fishery) sizes. In the latter half of the 1990s until present fish seemed to have targeted very small prey.

Seals on ther other hand do not target prey below about 100 g and preferentially to concentrate their effort on size range of between 110 g and 140 g (Fig 3). In 1988 and 1989 the size range targeted by seals was relatively wide, especially compared to the late 1990s were fish prey of about 110 g were heavily targeted.

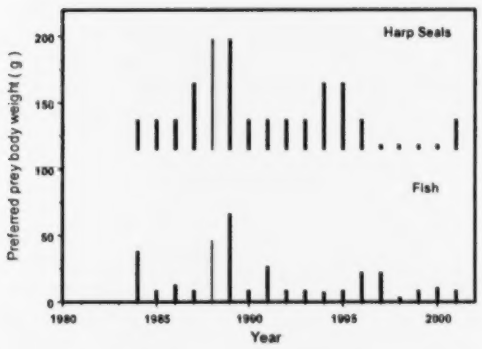


Figure 3: Prey body size categories experiencing the heaviest (top quartile) of total predation pressure as calculated from the allometric modelling.

Given that fish and harp seals are the two dominant predatory groups in the Northern Gulf of St. Lawrence, there appears to be predation existing on two separate size ranges of prey: the fish taking small prey and they seals taking large prey. At an intermediate size range, between about 75 and 110 g, there is a lower relative system predation compared with being just on either side of that range.

(Swain et al. 2000) suggested that seals and fish as predators may prey upon the fish community by just such a means. Therefore, pre-recruit sizes are eaten by fish predators and adult size by seals. It is difficult to know from the present study this kind of predation pressure can be a partial explanation for the lack of recovery in cod stocks in the Gulf of St. Lawrence. The present work simply presents relative predation as tricky catchability corrections for the survey data are needed to determine the actual fish biomass in the system. Likewise, our Gaussian curve describing predator/prey size ratios is rather ideal and this needs to be confronted and modified with data. Likewise, a more careful parameterisation of the energy demand equation should be conducted.

Despite these caveats of the current application, it should be noted that the model is very simple and makes reasonable assumptions which are well established by other studies.

The method shows only a potential predation pressure on size classes of prey rather than what actually happened. This method assumes that there is no prey size switching by predators. This of course is incorrect as a predator confronted with a paucity of prey in its preferred size range yet having easy access to an abundant prey of a less preferred size is unlikely to starve. It must be remembered that this study is intended to show where predation pressure was likely focused in different years rather than to answer the far more demanding question of where it actually occured. Though of course we would prefer to have all the answers, it does not mean that the current results is without utility.

Information on the potentially most heavily predated prey size can be used in applied exercises such as fitting stock-recruitment curves. That is, the relative predation pressure in pre recruit sizes could be used a covariate in fitting stock recruit curve. As it is possible to know this potential predation pressure before cod reach fishery recruitment age, the method provides us with a predictive capability to modify our recruitment estimates. Probably the most valuable aspect of such an exercise is that it indicates how and when total size based predation in a system may change hence alerting us to other ecosystem changes.

References

Hahm, W. & Langton, R. (1984) Prey selection based on predator/prey weight ratios for some Northwest Atlantic fish. Mar. Ecol. Prog. Ser., 19, 1-5.

Hammill, M.O. & Stenson, G.B. (2000) Estimated prey consumption by harp seals (Phoca groenlandica), hooded seals (cystophora cristata), grey seal (Halichoerus grypus) and harbour seals (Phoca vitulina) in Atlantic Canada. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 26, 1-23.

Peters, R.H. (1983) The ecological implications of body size Cambridge University Press, Cambridge, England.

Swain, D.P., Sinclair, A.F., Chouinard, G.A., & Drinkwater, K.F. (2000). Ecosystem effects of pre-recruit survival of cod in the southern Gulf of St. Lawrence, Rep. No. CSAS Res. Doc. 2000/147. Fisheries and Oceans Canada, Canadian Stock Assessment Secretariat, Ottawa.

Thiebaux, M.L. & Dickie, L.M. (1993) Structure of the body-size spectrum of the biomass in aquatic ecosystems: A consequence of allometry in predatory-prey interactions. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50, 1308-1317.

Contexte

Les biomasses des stocks de poissons du nord du golfe du Saint-Laurent sont actuellement très basses, notamment celle du stocks de morue qui approchent de son plancher historique. Malgré la faible biomasse des stocks de poissons, l'abondance des phoques, surtout du phoque du Groenland, avoisine les valeurs les plus élevés observées par le passé. Il est clair que l'effondrement des stocks est principalement attribuable à la surpêche historique, dont les effets ont été exacerbés par des changements environnementaux comme le refroidissement de l'eau et sans doute par les modifications dans les réseaux trophiques qui en ont découlé.

En 1994, le gouvernement a mis fin à la pêche de la morue dans le nord du golfe. En 1997, à la suite d'une légère hausse de la taille du stock, il a permis une petite pêche de la morue qui continue aujourd'hui. Malgré cette restriction de l'effort de pêche, le déclin des stocks se poursuit. Ce déclin est attribuable à la petite pêche résiduelle, mais il semble que les déterminants extrinsèques des taux de croissance, de naissance et de mortalité des stocks auraient joué un rôle plus important après la fin des années 1980, lorsque les conditions du milieu ont changé et les stocks ont diminué.

Le fait que la prédation de morues prérecrues par des poissons pélagiques et de morues adultes par les phoques a augmenté à la fin des années 1980, en raison de la hausse de l'abondance de ces prédateurs dans l'écosystème (Swain et al., 2000), conforte l'hypothèse d'un facteur extrinsèque qui toucherait la croissance du stock de morue du sud du golfe. Dans son étude statistique, Swain a montré que les poissons pélagiques jouent un rôle important dans la croissance du stock de morue du sud du golfe, mais il n'a pas validé de mécanisme précis. Il est clair qu'une telle validation nécessiterait beaucoup de données sur les contenus stomacaux des prédateurs. De telles données existent déjà, mais leur couverture spatio-temporelle est insuffisante pour les appliquer à la région entière ou à la prédation totale, elles ne permettent que de répondre à des questions ponctuelles dans le temps et l'espace. Le manque de données empiriques pour élucider cette question générale ne nous empêche pas de l'aborder par une démarche théorique, soit le paramétrage allométrique des relations prédateurs – proies.

Pour ce faire, nous disposons des séries chronologiques des relevés de l'abondance par taille du poisson et du phoque dans le nord du golfe du Saint-Laurent depuis 1984. Nous posons la question suivante : quelle était la pression de prédation potentielle pour diverses tailles de poisson? Les données d'abondance ne donnent qu'une partie de la réponse, qui doit être complétée par des études empiriques sur l'alimentation des prédateurs ou par une théorie de la prédation dans l'écosystème. Nous adoptons l'approche théorique pour concevoir une méthode très générale.

Allométrie de la prédation et du métabolisme en milieu aquatique

Il est légitime de supposer que les prédateurs aquatiques nageurs (p. ex., calmar, poisson et phoque) mangent des proies dont la taille est proportionnelle à la leur (Peters, 1983; Thiebaux et Dickie, 1993). Ainsi, le rapport préféré du poids corporel du prédateur sur celui de la proie varierait entre 500 et 1 500

pour la morue et le merlu argenté, qui sont surtout piscivores (Hahm et Langton, 1984). Ce rapport présente une distribution généralement log-normale autour de la moyenne pour ces prédateurs. Cela concorde avec un modèle de spectre de taille ajusté par Thiebaux et Dickie (1993), lequel donnait un rapport de 1 000 pour un lac du Bouclier canadien. Dans notre étude, nous supposons que cette théorie s'applique à toutes les classes tailles des poissons et des phoques qui ont fait l'objet des relevés (figure 1).

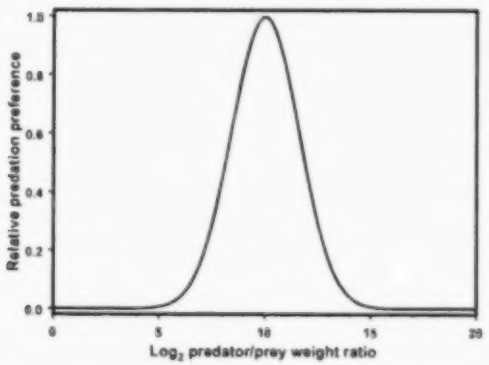


Figure 1: Distribution gaussienne (log-normale) des rapports de poids prédateur/proie utilisée pour le paramétrage théorique de la préférence d'un prédateur d'une certaine taille pour une taille de proies donnée. Traduction : Relative predation preference = Préférence relative de prédation; Log_2 predator/prey weight ratio = Log_2 du rapport des poids pédateur/proie

La distribution présentée à la figure 1 nous permet de déterminer les préférences relatives d'un prédateur d'une taille donnée pour différentes tailles de proies. Après avoir fait cela pour chaque taille de prédateur, nous normalisons ces préférences de façon à ce que leur somme soit égale à 1 pour chaque prédateur, c.-à-d. en supposant que la courbe de la figure 1 représente l'éventail complet des tailles de proies que mange le prédateur.

Les relations allométriques permettent aussi de modéliser le métabolisme d'organismes de différentes tailles (Peters, 1983) (figure 2). Le métabolisme a tendance à différer de la demande en énergie par un facteur constant lié à l'efficacité avec laquelle l'apport énergétique total est métabolisé. Nous nous sommes servis de relations comme celles présentées à la figure 2 pour modéliser la demande en énergie des poissons et phoques prédateurs :

(1) $$D = \frac{A}{\rho} \cdot 293 \cdot W^{0.75} \cdot S$$

où D est l'énergie requise (kJ/jour), A est un facteur d'activité, qui a été fixé à 2 pour les phoques, θ est la proportion de l'apport en énergie pouvant être métabolisée, W est la masse corporelle (kg), et S représente la hausse proportionnelle de la demande en énergie requise par les jeunes phoques (Hammill et Stenson, 2000). Pour le poisson, nous avons supposé que S=1 et que A=2, conformément à la figure 2 qui montre que le point d'intersection avec l'axe y de la courbe des poïkilothermes est inférieure, d'un facteur constant, à celle pour les homéothermes.

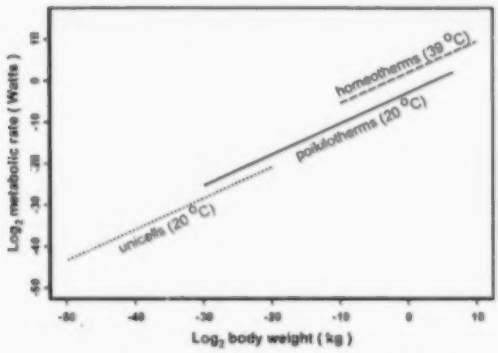


Figure 2. Énergie métabolique en fonction de la taille corporelle pour les organismes unicellulaires, les poïkilothermes et les homéothermes. Courbes tracées selon les équations 3.1 à 3.3 de Peters (1983). Traduction : Log_2 metabolic rate (Watts) = Log_2 de l'énergie métabolique (watts); Log_2 body weght (kg) = Log_2 du poids corporel (kg); homeotherms = homéothermes; poikilotherms = poïkilothermes; unicells = organismes unicellulaires.

Ainsi, l'équation 1 et les relations présentées à la figure 2 permettent de déterminer la quantité d'énergie nécessaire au métabolisme, à la croissance et à la reproduction (c.-à-d. la ration) pour chaque taille de prédateur. En outre, la relation de la figure 1 permet de déterminer les tailles de proies préférées pour chaque taille de prédateur. Il est donc possible de répartir la demande en énergie d'un prédateur sur l'étendue de la taille des proies selon la figure 1.

À cette étape de l'analyse, on peut utiliser les données empiriques d'abondance pour chaque taille de prédateur afin de multiplier la demande en énergie de prédateurs de différentes tailles, tel que décrit plus haut. Nous obtenons ainsi une mesure de la pression globale de prédation sur chaque taille de proies en fonction de l'abondance des prédateurs de tailles différentes chaque année.

Évolution de la pression de prédation potentielle sur différentes tailles de proies depuis 1984

Selon l'abondance et la répartition des tailles des poissons prédateurs du nord du golfe, la taille de proies qui subit la plus grande pression de prédation potentielle est d'environ 40 g (figure 3). Toutefois, cette forte pression de prédation s'exerçait sur des proies pesant jusqu'à 75 g en 1989, et sur des proies de moins de 1 g toutes les années. Les poissons prédateurs visent donc des poissons proies de petite taille, habituellement des prérecrues. Depuis la deuxième moitié des années 1990, les poissons semblent avoir visé de très petites proies.

Quant aux phoques, ils ne visent pas de proies qui pèsent moins d'environ 100 g et préfèrent concentrer leur effort sur les proies de 110 à 140 g (figure 3). En 1988 et en 1989, les phoques visaient une fourchette de tailles relativement large, surtout par rapport à la fin des années 1990, lorsque les phoques se concentraient sur les poissons d'environ 110 g.

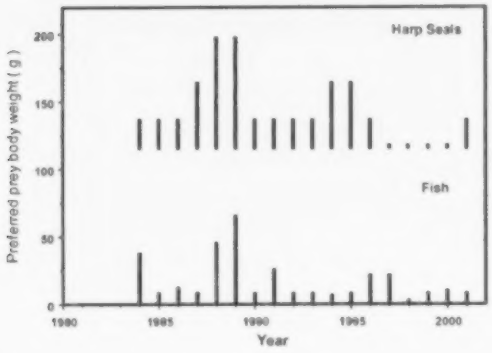


Figure 3. Classes de taille de proies subissant la plus forte (premier quartile) pression de prédation totale, tel que calculé par modélisation allométrique. Traduction : Preferred prey body weight (g) = Poids corporel des proies préféré (g); Year = Année; Harp seals = Phoques du Groenland; Fish = Poisson.

Comme les poissons et les phoques du Groenland constituent les deux groupes de prédateurs dominants dans le nord du golfe du Saint-Laurent, il semble que la prédation s'exerce sur deux fourchettes distinctes de taille de proies : les poissons se nourrissent de petites proies, et les phoques, de grosses proies. La prédation totale sur les tailles intermédiaires, soit entre 75 et 110 g environ, est inférieure à celle s'exerçant sur les tailles immédiatement inférieures ou supérieures à cette fourchette.

Swain et al. (2000) ont suggéré que les poissons prédateurs et les phoques exploitent ainsi la communauté de poissons : les poissons prédateurs consomment des poissons prérecrues, et les phoques, des poissons adultes. Notre étude ne permet pas de déterminer si ce type de pression de prédation peut expliquer en partie le non-rétablissement des stocks de morue du golfe du Saint-Laurent, elle ne fait que présenter la prédation relative, car il faut apporter de délicates corrections de capturabilité aux données des relevés pour déterminer la véritable biomasse des poissons dans l'écosystème. En outre, notre courbe gaussienne qui décrit les rapports de tailles prédateur/proie est une courbe idéale qui doit être comparée à des données et modifiée en conséquence. Il faut aussi mieux paramétrer l'équation de demande en énergie.

Malgré ces faiblesses de notre démarche, le modèle est très simple et repose sur des hypothèses dont le bien-fondé a été établi dans d'autres études.

Notre méthode ne montre que la pression de prédation potentielle sur les diverses classes de taille des proies plutôt que la prédation qui s'est réellement exercée. La méthode repose sur l'hypothèse voulant qu'il n'y a pas de modification des classes de taille de proies dont se nourrissent les prédateurs, ce qui est évidemment erroné puisque les prédateurs qui font face à une rareté des proies des tailles qu'ils préfèrent mais qui ont facilement accès à une abondance de proies de tailles moins préférées ne meurent sans doute pas de faim. Il faut se rappeler que notre étude vise à déterminer où s'est probablement concentrée la pression de prédation au fil des ans plutôt que de répondre à la question beaucoup plus difficile de la prédation réelle. Évidemment, nous préférerions avoir toutes les réponses, mais cela ne signifie pas que nos résultats sont inutiles.

L'information sur la taille de proies susceptibles de subir la plus forte prédation peut être utilisée dans des travaux appliqués comme l'ajustement de courbes stock-recrutement. Ainsi, la pression de prédation relative sur les classes de taille des prérecrues pourrait servir de covariable pour l'ajustement de ces courbes. Comme il est possible de connaître cette pression de prédation potentielle avant que la morue

atteigne l'âge de recrutement à la pêche, la méthode offre un pouvoir de prédiction qui nous permet de modifier nos estimations du recrutement. L'aspect le plus utile de notre méthode est sans doute sa capacité de montrer quand et comment la prédation totale liée à la taille peut changer, ce qui nous avertirait d'autres changements dans l'écosystème.

Références

Hahm, W. et Langton, R. (1984) Prey selection based on predator/prey weight ratios for some Northwest Atlantic fish. Mar. Ecol. Prog. Ser., 19, 1-5.

Hammill, M.O. et Stenson, G.B. (2000) Estimated prey consumption by harp seals (Phoca groenlandica), hooded seals (cystophora cristata), grey seal (Halichoerus grypus) and harbour seals (Phoca vitulina) in Atlantic Canada. J. Northw. Atl. Fish. Sci., 26, 1-23.

Peters, R.H. (1983) The ecological implications of body size Cambridge University Press, Cambridge, England.

Swain, D.P., Sinclair, A.F., Chouinard, G.A. et Drinkwater, K.F. (2000). Ecosystem effects of pre-recruit survival of cod in the southern Gulf of St. Lawrence, Rep. No. CSAS Res. Doc. 2000/147. Fisheries and Oceans Canada, Canadian Stock Assessment Secretariat, Ottawa.

Thiebaux, M.L. et Dickie, L.M. (1993) Structure of the body-size spectrum of the biomass in aquatic ecosystems: A consequence of allometry in predatory-prey interactions. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 50, 1308-1317.

Construction of an ecosystem model for the Bay of Quinte, Lake Ontario using ECOPATH with ECOSIM/ Élaboration d'un modèle de l'écosystème de la baie de Quinte (lac Ontario) au moyen des logiciels ECOPATH et ECOSIM.

S. Millard[1], C.K. Minns[1], R. Dermott[1], J. Hoyle[2], O. Johannsson[1], M. Munawar[1], K. Nicholls[3], R. Randall[1], K. Seifried[1] and T. Stewart[2]; [1]Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4702 Fax: (905) 336-6437 E-mail: MillardS@dfo-mpo.gc.ca; [2]Ontario Ministry of Natural Resources, Glenora Fisheries Station, R.R. # 4, Picton, Ontario K0K 2T0; [3] S-15 Conc. 1, R.R. #1 Sunderland, Ontario L0C 1H0 / S. Millard[1], K. Minns[1], R. Dermott[1], J. Hoyle[2], O. Johannsson[1], M. Munawar[1], K. Nicholls[3], R. Randall[1], K. Seifried[1] et T. Stewart[2]; [1]Pêches et Océans Canda, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4702 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : MillardS@dfo-mpo.gc.ca; [2]Ministère des Richesses naturelles d'Ontario, Station des pêches de Glenora, R.R. # 4, Picton (Ontario) K0K 2T0; [3] S-15 Conc. 1, R.R. #1 Sunderland (Ontario) L0C 1H0

Abstract: Multi-trophic level data has been collected in the Bay of Quinte, Lake Ontario since 1972 as part of an ongoing investigation on the impact of phosphorus management and invasion by zebra mussels on water quality, lower trophic levels and the fish community in the bay. Although the project is data rich, a complete data synthesis and understanding of foodweb linkages has been lacking. There is an urgent need to develop an ecosystem model in order to understand the relative impacts of phosphorus, zebra mussels, fisheries management and climate change on the ecosystem. A multi-agency group of researchers initiated an ecosystem modelling project in the bay using the software ECOPATH with ECOSIM (EWE). The model is in the early stages of development and has focussed on defining geographical area, time frame, number of food web components (26), and split biomass pools. Key data including biomass, P:B, consumption:biomass for all food web components and fisheries catch data have been input to the model. Biomass time series exist for most of the food web components and serve as a calibration mechanism for model performance. Accurate diet data and spatial gradients in biomass of lower trophic levels are the biggest impediments to model accuracy. Plans for future improvements in the model will be discussed.

Résumé: Depuis 1972, on recueille des données sur les différents niveaux trophiques dans la baie de Quinte (lac Ontario), dans le cadre d'une étude sur les effets de la gestion du phosphore et de l'invasion de la moule zébrée sur la qualité de l'eau, les niveaux trophiques inférieurs et la communauté de poissons de la baie. Le projet produit beaucoup de données, mais on n'a pas fait la synthèse complète des données et on ne comprend pas tout à fait les liens trophiques. Il y a un besoin urgent de mettre au point un modèle de l'écosystème pour comprendre les effets relatifs du phosphore, des moules zébrées, de la gestion des pêches et du changement climatique sur l'écosystème. Un groupe de chercheurs de diverses organisations ont entrepris un projet de modélisation de l'écosystème de la baie au moyen des logiciels ECOPATH et ECOSIM (EWE). Actuellement aux premières étapes d'élaboration, le modèle met l'accent sur la définition de l'aire géographique, du cadre temporel, du nombre de composantes du réseau trophique (26) et des composantes de biomasse divisées. Nous avons entré dans le modèle des données importantes, notamment la biomasse, les rapports P/B et consommation/biomasse pour toutes les composantes du réseau trophique, ainsi que les données de capture des pêches. Nous disposons de séries chronologiques pour la plupart des composantes du réseau trophique; ces données servent à étalonner le modèle. L'exactitude du modèle est limitée surtout par le manque d'exactitude des données sur les régimes alimentaires et les gradients spatiaux de la biomasse des niveaux trophiques inférieurs. Nous aborderons les plans concernant les améliorations à apporter au modèle.

Bio-physical coupling of ice algae production and export in first year ice (High Canadian Arctic)/ Couplage bio-physique de la production et l'exportation des algues de glace sous couvert de glace de première année (Arctique canadien).

C. Michel, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 984-8726 Fax: (204) 984-2403 E-mail: MichelC@dfo-mpo.gc.ca *and* C.J. Mundy and J. Hanesiak, University of Manitoba, Department of Geography, Winnipeg, Manitoba R3T 2N2 / C. Michel, Pêches et Océans Canda, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 984-8726 Téléc. : (204) 984-2403 Courriel : MichelC@dfo-mpo.gc.ca *et* C.J. Mundy et J. Hanesiak, Université du Manitoba, Département de géographie, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N2

Abstract: From 8 May to 9 July 2001, seasonal trends in the biomass of ice algae, under-ice phytoplankton, and under-ice sedimentation were followed at a first-year ice landfast ice station in McDougall Sound (Canadian High Arctic). Biomass measurements, including chlorophyll *a* (chl *a*), particulate organic carbon and nitrogen, and biogenic silica, were carried out every third day for two ice algae sites (high and low snow cover depths), four water column depths (2.5, 5, 10 and 25 m), and three sediment trap depths (2.5, 5 and 25 m). Concomitantly, climatic and oceanographic variables including air and under-ice temperatures, surface and under-ice PAR, were continuously monitored. The average bottom ice chl *a* concentration was maximum in mid-May (approximately 80 mg m^{-2}) and showed a consistently decreasing trend during June. Under-ice sedimentation was < 1 mg m^{-2} d^{-1} in May and increased 5-fold during June. In the water column, large punctual increases in biomass were observed at the surface before mid-June, likely reflecting input of ice algae rather than phytoplankton growth. Strong correlations were observed between sinking fluxes measured at 2.5 m and those at 10 and 25 m, suggesting that ice algae were exported to depth. These results are interpreted in view of forcing factors that influence the timing of the release of ice algae into the water column and their subsequent sinking export to the pelagic and benthic compartments.

Résumé: Entre le 8 Mai et le 9 juillet 2001, les tendances saisonnières dans la biomasse des algues de glace, du phytoplancton, et des flux verticaux sous la glace, ont été suivies à une station de glace de première année dans le détroit de McDougall (Arctique Canadien). Des mesures de biomasse incluant la chlorophylle a, le carbone et l'azote organiques particulaires, et la silice biogénique, ont été effectuées à intervalle de trois jours sur les algues de glace provenant de deux sites (couvert de neige mince et épais), le phytoplancton prélevé à quatre profondeurs (2,5, 5, 10 et 25 m), et une série de pièges à sédiments installés à trois profondeurs sous la glace (2,5, 5 et 25 m). De facon concommittante, des variables

climatiques et océanographiques incluant la température de l'air et de l'eau sous la glace, ainsi que l'irradiance (PAR) incidente et sous la glace, ont été mesurées en continu. La concentration moyenne de chlorophylle a à la base de la glace, qui était maximale à la mi-mai (ca. 80 mg m^{-2}), a affiché une décroissance saisonnière régulière en juin. La sédimentation sous la glace reflètait généralement le déclin de la biomasse algale à la base de la glace. En moyenne, la sédimentation de la chlorophylle a était < 1 mg m^{-2} d^{-1} en mai, pour ensuite augmenter d'un facteur de 5 au cours du mois de juin. Dans la colonne d'eau, d'importantes augmentations punctuelles de biomasse ont été observées en surface avant la mi-juin, vraisemblablement suite au largage d'algues de glace vers la colonne d'eau. Le fait que l'irradiance sous la glace n'a pas augmenté avant la fin du mois de juin supporte l'hypothèse que les fortes biomasses dans la colonne d'eau reflétaient l'apport d'algues de glace plutôt qu'une croissance phytoplantonique. De fortes corrélations ont été observées entre les flux verticaux mesurés à 2,5 m et ceux à 10 et 25 m, ce qui suggère que les algues de glace ont été exportés vers les eaux profondes. Ces résultats sont interprétés en vue des facteurs physiques qui influencent la période de largage des algues de glace dans la colonne d'eau et leur sédimentation subséquente vers les compartiments pélagique et benthique.

Session/ Séance 2 : Modelling of the ecosystem including interactions with physical habitat/ Modélisation de l'écosystème, y compris les interactions avec l'habitat physique

Topic/ Thème 2 : Ecosystem-habitat interactions/ Interactions écosystème-habitat

Development of a monitoring system for the management of mollusc culture in Atlantic Canada/ Développement d'un système de surveillance pour la gestion de la culture de mollusque au Canada atlantique. M. Hardy, T. Landry and L. Comeau, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, 343 Université Avenue, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 Tel.: (506) 851-2728 Fax: (506) 851-2620 E-mail: HardyMa@dfo-mpo.gc.ca *and* J. Davidson, University of Prince Edward Island, Faculty of Veterinary Medicine, Charlottetown, Prince Edward Island / M. Hardy, T. Landry et L. Comeau, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343 avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Tél. : (506) 851-2728 Téléc. : (506) 851-2620 Courriel : HardyMa@dfo-mpo.gc.ca *et* J. Davidson, Université de l'Île-du-Prince-Édouard, Faculté de médecine vétérinaire, Charlottetown (l'Île-du-Prince-Édouard)

Abstract: Blue mussel (*Mytilus edulis*) aquaculture in Prince Edward Island (PEI) began in the 1980s and grew into an over $25 million a year industry. This expansion can be attributed to an increase in the number of mussel grow-out sites and also to a rapid development of husbandry practices specific to Atlantic Canada. Presently, there remain almost no available grow-out sites that can support mussel culture on the Island, and production yields can vary substantially from one site to another, and also from one year to the next. It remains unclear as to whether this variability in performance is due mainly to environmental factors or husbandry practices. The first objective of our study is to develop a system for the monitoring of natural growth rates and physiological condition of bivalves. This system will enable producers to compare the year-to-year performance of their own operation with the natural growth conditions inside the bay. The second objective is to develop a data acquisition system at the producer level. Detailed information on husbandry practices and production yields will be collected in a standardised format and transferred to a central database. The database will be accessible by the producer, and will let him/her compare the productivity of their farm with bay scale means and trends. The resulting information will be used to develop a greater understanding of the performance of mussel aquaculture sites throughout PEI.

Résumé : L'aquaculture de la moule bleu (*Mytilus edulis*) à l'Île-du-Prince-Édouard a débuter pendant les années 80 et maintenant représente une industrie qui produit plus de 25$ million par année. Cette croissance est surtout attribuable à une augmentation dans le nombre de sites de culture et un développement des techniques de culture adaptées aux besoins régionaux. Présentement, il y a peu de nouveau endroits disponibles qui demeurent propice à la culture des moules à l'Île et les taux de production varient significativement d'un site à l'autre et d'année en année. La source précise de cette variabilité demeure inexpliquée face aux facteurs environnementaux ou aux techniques et des pratiques des cultivateurs. Le premier objectif de notre étude est de développer un système pour la surveillance des taux de croissance naturels et de l'état physiologique des bivalves. Ce système permettra à des cultivateurs de comparer la productivité naturelle d'année en année de la baie avec leur propre site. Le deuxième objectif est de développer un système d'acquisition de données au niveau du site. L'information détaillée sur des pratiques en matière des rendements de production sera rassemblée en format standardisée et transférée à une base de données centrale. Cette base de données sera accessible par le cultivateur, et lui laissera comparer la productivité de leur sites aux tendances de la baie. L'information résultante sera employée pour développer une plus grande compréhension de la performance des emplacements d'aquaculture de moule.

Constraints on the production of offshore fish food: Exotics in the Great Lakes/ Contraintes sur la production de nourriture du poisson au large : espèces exotiques dans les Grands Lacs.

Ora Johannsson, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4708 Fax: (905) 336-6437 E-mail: JohannssonO@dfo-mpo.gc.ca *and* Michael Arts, Environment Canada, National Water Research Institute, Canada Centre for Inland Waters, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-6460 E-mail: Michael.Arts@ec.gc.ca / Ora Johannsson, Pêches et Océans Canda, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4708 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : JohannssonO@dfo-mpo.gc.ca *et* Michael Arts, Environnement Canada, Institut national de recherche sur les eaux, Centre canadien des eaux intérieures, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-6460 Courriel : Michael.Arts@ec.gc.ca

Abstract: Exotics can extract both economic and ecological costs when they invade a new system. In the Great Lakes, over 70% of recent invaders have come from the Ponto-Caspian region. Of these, dreissenid mussels have had the most noticeable and damaging effects both economically and environmentally. Two predatory cladocerans (*Bythotrephes* and *Cercopagis*) also appear to be important, altering zooplankton community structure, abundance and distribution when they are abundant. The results of their impacts on other members of the food-web are unknown. We are presently studying (1) the potential impact of *Bythotrephes*, and to a lesser extent dreissenids, on mysid nutritive value and growth rates, (2) the impact of *Cercopagis* on the zooplankton community and its possible control by fish predation and/or food limitation, and (3) the potential link between mysid abundance and distribution and the extension of quagga mussel beds. Subsequent impacts to fish will be assessed using bioenergetic and whole-system models.

Program participants: Fisheries and Oceans, Canada: Ms. Kelly Bowan (Chief Biologist), Ms. Jocelyn Gerlofsma, Ms. Cindy Chu, Ms Kathy Seifried. Environment Canada: Mr. Tyler Spencer, Mr. Andrew Turnbull. University of Waterloo: Ms. Joy Kennedy (M.Sc. student).

Introduction

Invertebrate exotics are now an integral part of Great Lake food-webs and have altered both pelagic and benthic habitat, food-web structure, and predator-prey interactions (Makarewicz et al. 1995; Nalepa and Fahnenstiel 1995). Few linkages to fish have been examined in detail or have been clearly translated into impacts on fisheries. Our work considers the potential impacts of four of these invaders on *Mysis relicta*

and, to a lesser extent, *Diporeia* nutritive quality and growth rates and the consequent impacts on fisheries. *Both are* key components of the diet of alewife (*Alosa psuedoharengus*), smelt (*Osmerus mordax*), and bloater (*Coregonus hoyi*). These forage fish sustain economically important salmonid fisheries(Stewart and Ibarra 1991; Mills et al.1992). The four exotic species of concern are two predatory cladocerans - *Bythotrephes longimanus* and *Cercopagis pengoi* which entered prior to 1982 and in 1998, respectively - and two dreissenid mussels - *Dreissena polymorpha* (zebra mussel) and *D. bugensis* (quagga mussel) which invaded in the late 1980's (Griffiths et al. 1991; Johannsson et al. 1991; Dermott and Munawar 1993; Krylov et al., 1999; MacIsaac et al.1999).

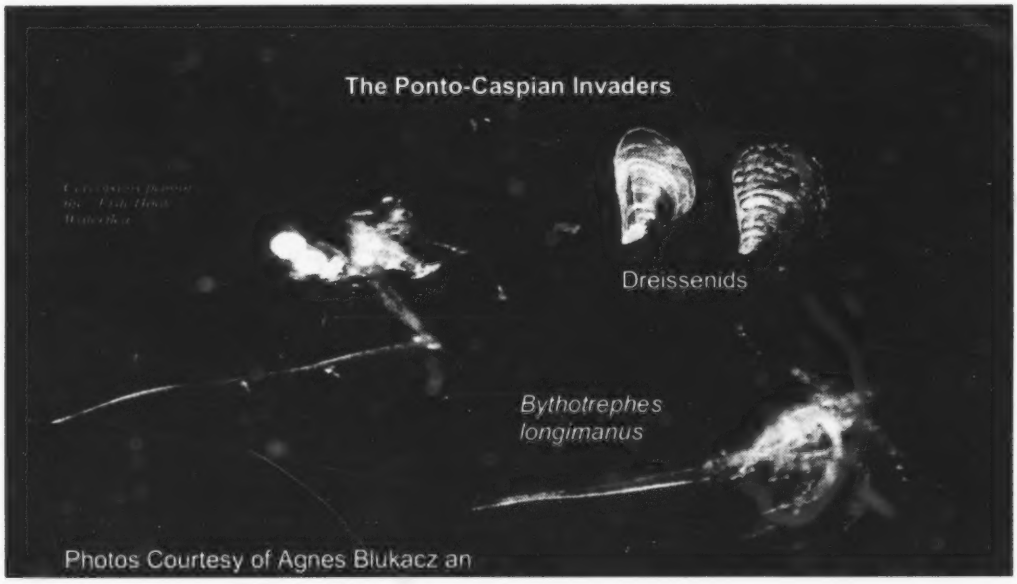


Figure 1. Pictures of the invertebrate exotics of concern in the Laurentian Great Lakes.

Mysis relicta

Mysis relicta is an abundant, lipid-rich, macro-invertebrate whose role, from a fisheries perspective, is to transfer zoo- and phytoplankton production to forage fish. Mysids occupy the deeper regions of the lakes, normally >50 m bottom depth, and migrate dielly, thereby linking the benthic and pelagic subsystems. They inhabit the bottom substrate during the day and occupy the upper portion of the water column below 16-17°C at night. It is thought that they may also make short forays into the epilimnion. This diel pattern of migration is believed to have developed in response to fish predation. Mysids feed both during the day and night (Johannsson et al. 2001). Their diet consists of phytoplankton, principally diatoms, and zooplankton. Rotifers, and small copepods and cladocerans are found in the diet of all mysids: larger copepods and cladocerans appear in the diet when mysids reach 9-11 mm in length (Johannsson et al. 2003).

and, to a lesser extent, *Diporeia* nutritive quality and growth rates and the consequent impacts on fisheries. *Both are* key components of the diet of alewife (*Alosa psuedoharengus*), smelt (*Osmerus mordax*), and bloater (*Coregonus hoyi*). These forage fish sustain economically important salmonid fisheries(Stewart and Ibarra 1991; Mills et al.1992). The four exotic species of concern are two predatory cladocerans - *Bythotrephes longimanus* and *Cercopagis pengoi* which entered prior to 1982 and in 1998, respectively - and two dreissenid mussels - *Dreissena polymorpha* (zebra mussel) and *D. bugensis* (quagga mussel) which invaded in the late 1980's (Griffiths et al. 1991; Johannsson et al. 1991; Dermott and Munawar 1993; Krylov et al., 1999; MacIsaac et al.1999).

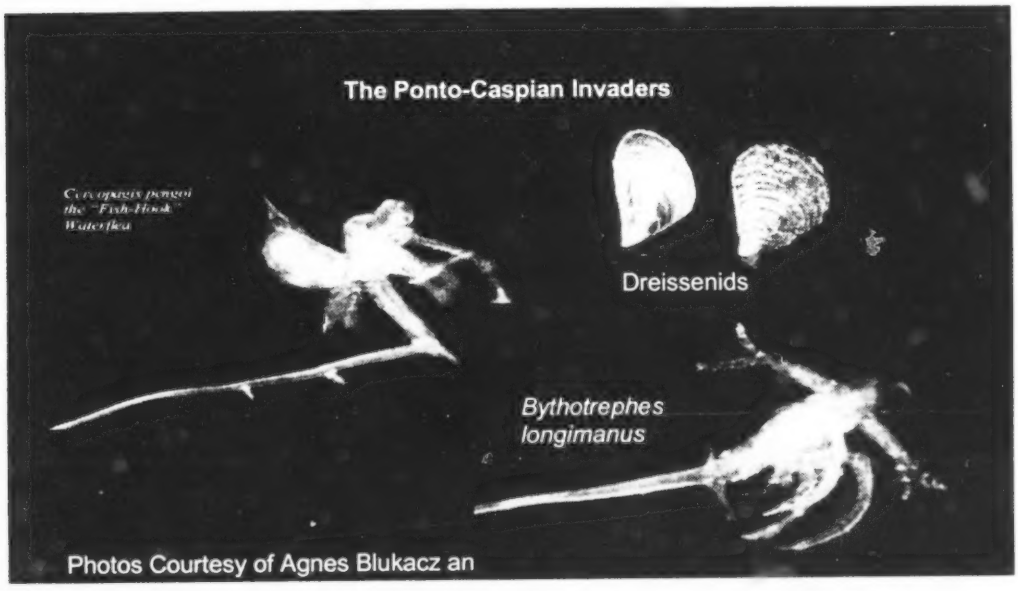


Figure 1. Pictures of the invertebrate exotics of concern in the Laurentian Great Lakes.

Mysis relicta

Mysis relicta is an abundant, lipid-rich, macro-invertebrate whose role, from a fisheries perspective, is to transfer zoo- and phytoplankton production to forage fish. Mysids occupy the deeper regions of the lakes, normally >50 m bottom depth, and migrate dielly, thereby linking the benthic and pelagic subsystems. They inhabit the bottom substrate during the day and occupy the upper portion of the water column below 16-17°C at night. It is thought that they may also make short forays into the epilimnion. This diel pattern of migration is believed to have developed in response to fish predation. Mysids feed both during the day and night (Johannsson et al. 2001). Their diet consists of phytoplankton, principally diatoms, and zooplankton. Rotifers, and small copepods and cladocerans are found in the diet of all mysids; larger copepods and cladocerans appear in the diet when mysids reach 9-11 mm in length (Johannsson et al. 2003).

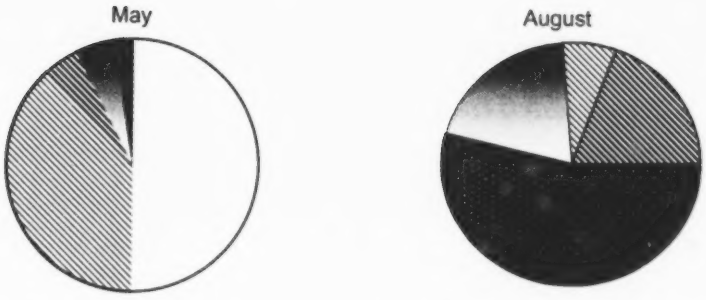


Figure 2. Composition of daily, assimilated diet of large mysids in offshore Lake Ontario 1995, based on biomass. Dots = cladocerans, lines = calanoids, shaded = cyclopoids, and white = diatoms. Data taken from Johannsson et al. (2001).

Diporeia

Diporeia is a deep-water, lipid-rich amphipod with maximum population densities between 30 m and 60 m bottom depth, although its distribution extends to the deepest regions. It feeds on organic matter that settles to the bottom, particularly diatoms. Over the past 10-12 years it has been disappearing from large regions of the Great Lakes in association with the colonization of deeper sediments by the two mussel species (Dermott 2001; Lozano et al. 2001). No causal relationship is known, but one is suspected.

Figure 3. Left panel: loss of *Diporeia* in the Great lakes. Areas of no *Diporeia* = light grey. Graph courtesy of Ron Dermott, DFO. Right panel: distribution of quagga (black) and zebra (grey) mussels – data courtesy of NY Sea Grant Invasive Species webstie.

Potential interactions between mysids and the exotics

Dreisseinid mussels

Dreissenids are bottom living organisms which filter particles from the overlying water column. They have colonized the bottom substrate out to depths of 100 m in Lake Ontario (Mills et al.1999; Michael Keir,

DFO, pers. comm.). Their interactions with mysids will occur out to these depths. At this time, we do not know how the presence of large numbers of dreissenids on the soft bottom substrates affects the suitability of these substrates for mysids; however, other interactions are more obvious. Dreissenids reduce phytoplankton biomass, and consequently, increase water clarity, and decrease both primary and secondary (zooplankton) pelagic biomass and production (Dahl et al. 1995; Graham et al. 1996; Johannsson et al. 2000). These changes alter the habitat and diminish the food supply of mysids both directly and indirectly. The impact is most noticeable in the spring when dreissenids depress the diatom bloom (Millard et al. 2003). Fifty percent of the mysid diet in offshore Lake Ontario in spring of 1995 was diatoms (Johannsson et al. 2001). Greater water clarity increases the vulnerability of mysids to fish predation. The vertical extent of the mysid migration is controlled by light intensity/fish predation in the spring (Gal 1999). Therefore, mysids may feed at deeper depths or for shorter periods of time in order to reduce their vulnerability, effectively reducing their available food base. If fish are abundant in the 50 m – 100 m depth-range, one might expect a decrease in mysid abundance along with a possible decline in their nutritive quality and growth rate.

In summer, the thermocline protects epilimnetic production in the offshore from dreissenid filtration. Dreissenid impacts on mysid feeding should be reduced. There may be some indirect interactions near the substrate but the food resource in the upper waters would only be affected through the relocation of phytoplankdon- and zooplankton-depleted waters from nearshore regions.

Bythotrephes* and *Cercopagis

Bythotrephes is a large predatory cladoceran which competes directly with mysids for prey because the habitat and prey preferences of these species overlap considerably. Both are more abundant offshore, feed in the upper hypolimnion and metalimnion, and consume a range of zooplankton prey, but prefer cladocerans (Bowers and Vanderploeg 1982; Vanderploeg et al. 1993; Johannsson, unpubl. data). Their effectiveness as predators suggests that competition between them might be intense. When introduced into new areas, both have reduced cladoceran, particularly *Daphnia*, abundance and biomass (Lasenby et al. 1986; Yan and Pawson 1997). When both *Mysis* and *Bythotrephes* are present, the food supply of both species will be affected because cladocerans will have no predation refuge other than size. In this situation, some cladoceran species will disappear while others will be greatly reduced (Makarewicz et al. 1995; Yan et al. 1997; Munawar et al. 2001). Interactions between the two species would be restricted to the July-September period when *Bythotrephes* can be abundant. This is the period of cladoceran production in the Great Lakes, particularly *Daphnia*.

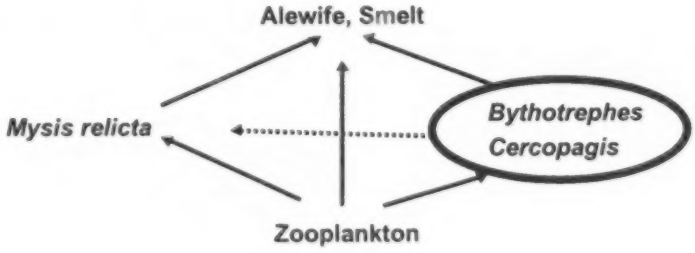


Figure 4. Trophic triangle of fish, mysids and zooplankton has become a trophic quad/pentangle.

Cercopagis is a small predatory cladoceran present through much of the summer in the offshore of Lake Ontario and abundant in July-August (Makarewicz et al. 2001; Ojaver et al. 2001). It occurs at the bottom of the epilimnion and top of the metalimnion, and therefore, inhabits the upper edge or region just beyond the upper edge of the mysid vertical distribtuion (Benoit et al. 2002). *Cercopagis* appears to feed on

rotifers, smaller cladocerans, such as, bosminids, copepod nauplii and smaller copepodids (Benoit et al., 2002). However, their impact on the mysid food resource is not straightforward. Immature copepods were more abundant in deeper water when *Cercopagis* was abundant, thereby increasing copepod concentrations in mysid feeding regions. Although all sizes of mysids consume these prey, the overlap in diet is most complete with immature mysids and they would be expected to be most affected by competition with *Cercopagis*.

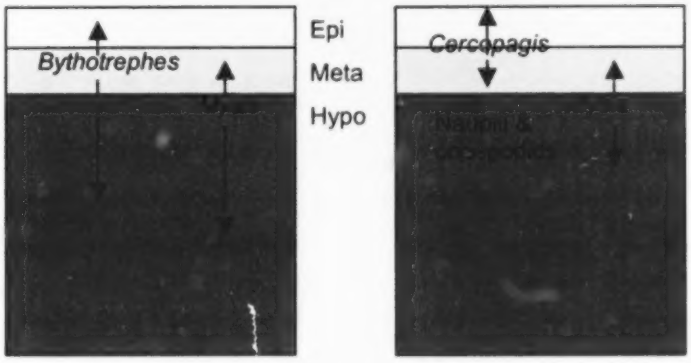


Figure 5. Diagram of the overlap in night-time vertical distributions of mysids, *Bythotrephes* and *Cercopagis* in a thermally-stratified watercolumn: dark grey = hypolimnion, light grey = metalimnion, white = epilimnion.

Declines in cladocerans may be more important than the decline in total zooplankton biomass. Cladocerans have higher production/biomass (P/B) ratios than copepods (Shuter and Ing 1997) and tend to occupy warmer more productive waters so their loss is disproportionately more important to total zooplankton production. Cladocerans may also be a particularly valuable type of prey and their loss may have energetic and nutritive consequences. Energetically, they are less costly to catch as they move more slowly than copepods. Nutritively, cladocerans may be more valuable than copepods. They tend to have higher P:C ratios and higher concentrations of some essential fatty acids (EFA) (Brett et al. 2000). Consumption of prey with lower P:C tissue ratios or decreased EFA concentrations may reduce predator growth rates and condition (i.e., mysids eating zooplankton, and fish eating mysids)

We predict that the presence of dressenids and *Bythotrephes* in the food-web will result in *Mysis* populations which exhibit lower nutritive quality, depressed growth rates and smaller body sizes thereby reducing their overall suitability/availability for fish consumers.

Methods

The relative occurrences of the exotics, *Bythotrephes longimanus*, *Cercopagis pengoi*, *Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*, differ amongst the Great Lakes providing useful comparisons of food-web impacts. The conclusions derived from comparisons within the Great lakes can then be tested by means of a more specific study of paired, inland, mysid lakes with and without the exotic.

This program adopts a three-pronged approach:

- Field work in lakes Ontario, Huron and Superior, to examine the nutritive status of the food-web and range of growth rates of *Mysis* and *Diporeia* in the Great Lakes.
- A survey of *Mysis* growth rates, nutritive quality and abundance in a series of inland lakes of varying trophic status without dreissenids, and with and without *Bythotrephes*.

- Scenario testing with bioenergetic models of the three forage fish species to predict the impact of changes in growth rate and nutritive quality on fish production

Table 1. Diagram outlining the experimental comparisons by location and the measures to be conducted in spring, summer and fall in the Great Lakes and through the summer in the inland lakes. In the inland lakes, density and composition of the food sources will be analyzed but not the nutritive quality of the prey

		Bytho	*Cerco*	Zebs
Great Lakes:	**Ontario**	**x**	**y**	**y**
	Huron	**y**	**x**	**x,y**
	Superior	**y**	**x**	**x**
Inland Lakes:	**10**	**x**	**x**	**x**
	10	**y**	**x**	**x**

Nutritive Quality: lipids (PUFAs), phosphorus/carbon
Mysis, Diporeia, Bytho and their food sources

Growth Rate: RNA/DNA, RNA/protein
Mysis and Diporeia

Results/Discussion

Yet to come as this program only received funding in 2002.

References

Benoit, H.P., Johannsson, O.E., Warner, D.M., Sprules, W.G. and Rudstam, L.G. 2002. Assessing the impact of a recent predatory invader: The population dynamics, vertical distribution and potential prey of *Cercopagis pengoi* in Lake Ontario. Limnol. Oceanogr. 47: 626-635.

Bowers, J.A. and Vanderploeg, H.A. 1982. In situ predatory behaviour of *Mysis relicta* in Lake Michigan. Hydrobiol. 93: 121-131.

Brett, M.T., Muller-Navarra, D.C., and Park, S.-K. 2000. Empirical analysis of the effect of phosphorus limitation on algal food quality for freshwater zooplankton. Limnol. Oceanogr. 45:1564-1575.

Dermott, R. 2001. Sudden disappearance of the amphipod *Diporeia* from eastern Lake Ontario, 1993 - 1995. J. Great Lakes Res. 27: 423-433.

Dahl, J.A., Graham, D.M., Dermott, R., Johannsson, O.E., Millard, E.S. and Myles, D.M. 1995. Lake Erie 1993, western, west central and eastern basins: Change in trophic status, and assessment of the abundance, biomass and production of the lower trophic levels. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2070: xii + 118 p.

Dermott, R. and Munawar, M. 1993. Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena*, and its ecological implications. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2298-2304.

Gal, G.J.h.t.t. 1999. The Biological and Physical Interactions of *Mysis relicta* in Lake Ontario. Forestry and Environmental Sciences. Ithaca, N.Y., Cornell: 176.

Graham, D.M., Dahl, J.A., Millard, E.S., Johannsson, O.E. and White, L.L. 1996. Assessment of abundance, biomass and production of the lower trophic levels in the eastern basin of Lake Erie, 1994. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2110: x+104 p.

rotifers, smaller cladocerans, such as, bosminids, copepod nauplii and smaller copepodids (Benoit et al., 2002). However, their impact on the mysid food resource is not straightforward. Immature copepods were more abundant in deeper water when *Cercopagis* was abundant, thereby increasing copepod concentrations in mysid feeding regions. Although all sizes of mysids consume these prey, the overlap in diet is most complete with immature mysids and they would be expected to be most affected by competition with *Cercopagis*.

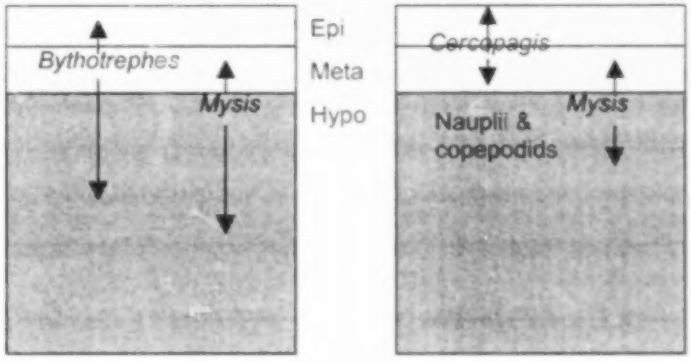


Figure 5. Diagram of the overlap in night-time vertical distributions of mysids, *Bythotrephes* and *Cercopagis* in a thermally-stratified watercolumn: dark grey = hypolimnion, light grey = metalimnion, white = epilimnion.

Declines in cladocerans may be more important than the decline in total zooplankton biomass. Cladocerans have higher production/biomass (P/B) ratios than copepods (Shuter and Ing 1997) and tend to occupy warmer more productive waters so their loss is disproportionately more important to total zooplankton production. Cladocerans may also be a particularly valuable type of prey and their loss may have energetic and nutritive consequences. Energetically, they are less costly to catch as they move more slowly than copepods. Nutritively, cladocerans may be more valuable than copepods. They tend to have higher P:C ratios and higher concentrations of some essential fatty acids (EFA) (Brett et al. 2000). Consumption of prey with lower P:C tissue ratios or decreased EFA concentrations may reduce predator growth rates and condition (i.e., mysids eating zooplankton, and fish eating mysids).

We predict that the presence of dressenids and *Bythotrephes* in the food-web will result in *Mysis* populations which exhibit lower nutritive quality, depressed growth rates and smaller body sizes thereby reducing their overall suitability/availability for fish consumers.

Methods

The relative occurrences of the exotics, *Bythotrephes longimanus*, *Cercopagis pengoi*, *Dreissena polymorpha* and *D. bugensis*, differ amongst the Great Lakes providing useful comparisons of food-web impacts. The conclusions derived from comparisons within the Great lakes can then be tested by means of a more specific study of paired, inland, mysid lakes with and without the exotic.

This program adopts a three-pronged approach:

- Field work in lakes Ontario, Huron and Superior, to examine the nutritive status of the food-web and range of growth rates of *Mysis* and *Diporeia* in the Great Lakes.
- A survey of *Mysis* growth rates, nutritive quality and abundance in a series of inland lakes of varying trophic status without dreissenids, and with and without *Bythotrephes*.

- Scenario testing with bioenergetic models of the three forage fish species to predict the impact of changes in growth rate and nutritive quality on fish production

Table 1. Diagram outlining the experimental comparisons by location and the measures to be conducted in spring, summer and fall in the Great Lakes and through the summer in the inland lakes. In the inland lakes, density and composition of the food sources will be analyzed but not the nutritive quality of the prey

		Bytho	*Cerco*	Zebs
Great Lakes:	**Ontario**	x	y	y
	Huron	y	x	x,y
	Superior	y	x	x
Inland Lakes:	**10**	x	x	x
	10	y	x	x

Nutritive Quality: lipids (PUFAs), phosphorus/carbon
Mysis, Diporeia, Bytho and their food sources

Growth Rate: RNA/DNA, RNA/protein
Mysis and Diporeia

Results/Discussion

Yet to come as this program only received funding in 2002.

References

Benoit, H.P., Johannsson, O.E., Warner, D.M., Sprules, W.G. and Rudstam, L.G. 2002. Assessing the impact of a recent predatory invader: The population dynamics, vertical distribution and potential prey of *Cercopagis pengoi* in Lake Ontario. Limnol. Oceanogr. 47: 626-635.

Bowers, J.A. and Vanderploeg, H.A. 1982. In situ predatory behaviour of *Mysis relicta* in Lake Michigan. Hydrobiol. 93: 121-131.

Brett, M.T., Muller-Navarra, D.C., and Park, S.-K. 2000. Empirical analysis of the effect of phosphorus limitation on algal food quality for freshwater zooplankton. Limnol. Oceanogr. 45:1564-1575.

Dermott, R. 2001. Sudden disappearance of the amphipod *Diporeia* from eastern Lake Ontario, 1993 - 1995. J. Great Lakes Res. 27: 423-433.

Dahl, J.A., Graham, D.M., Dermott, R., Johannsson, O.E., Millard, E.S. and Myles, D.M. 1995. Lake Erie 1993, western, west central and eastern basins: Change in trophic status, and assessment of the abundance, biomass and production of the lower trophic levels. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2070: xii + 118 p.

Dermott, R. and Munawar, M. 1993. Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena*, and its ecological implications. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2298-2304.

Gal, G.J.h.t.t. 1999. The Biological and Physical Interactions of *Mysis relicta* in Lake Ontario. Forestry and Environmental Sciences. Ithaca, N.Y., Cornell: 176.

Graham, D.M., Dahl, J.A., Millard, E.S., Johannsson, O.E. and White, L.L. 1996. Assessment of abundance, biomass and production of the lower trophic levels in the eastern basin of Lake Erie, 1994. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2110: x+104 p.

Griffiths, R.W., D.W. Schloesser, J.H. Leach & W.P. Kovalak. 1991. Distribution and dispersal of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1381-1388.

Johannsson, O.E., Dermott, R., Graham, D.M., Dahl, J.A., Millard, E.S., Myles, D.D. and LeBlanc, J. 2000. Benthic and pelagic seondary production in Lake Erie after the invasion of *Dreissena* spp. with implications for fish production. J. Great Lakes Res. 26: 31-54.

Johannsson, O.E., Leggett, M.F., Rudstam, L.G., Servos, M., Dermott, R., Gal, G., Mohammadian, A. and Hesslein, R.H. 2001. Diet of *Mysis relicta* in Lake Ontario as revealed by stable isotope and gut content analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1975-1986.

Johannsson, O.E., Mills, E.L. and O'Gorman, R. 1991. Changes in the nearshore and offshore zooplankton communities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1546-1557.

Johannsson, O.E., Rudstam, L.G., Gal, G. and Leggett, M.F. 2003. Mysis relicta in Lake Ontario: Population dynamics, trophic linkages and further questions. State of Lake Ontario (SOLO): Past, Present and Future. M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers.

Krylov, P.I., D.E. Bychenkov, V.E. Panov, N.V. Rodionova, and I.V. Telesh. 1999. Distribution and seasonal dynamics of the Ponto-Caspian invader *Cercopagis pengoi* (Crustacea, Cladocera) in the Neva Estuary (Gulf of Finland). Hydrobiol. 393: 227-232.

Lasenby, D.C., Northcote, T.G. and Furst, M. 1986. Theory, practice, and effects of *Mysis relicta* introductions to North American and Scandanavian lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1277-1284.

Lozano, S.J., Scharold, J.V., and Nalepa, T.F. 2001. Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 518-529.

MacIsaac, H.J., Grigorovich, I.A., Hoyle, J.A., Yan, N.D. and Panov, V.E. 1999. Invasion of Lake Ontario by the Ponto-Caspian predatory cladoceran *Cercopagis pengoi*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1-5.

Makarewicz, J.C., Bertram, P., Lewis, T. and Brown, E.H.J. 1995. A decade of predatory control of zooplankton species compositon of Lake Michigan. J. Great Lakes Res. 21: 620-640.

Makarewicz, J. C., I. A. Grigorovich, E. Mills, E. Damaske, M. E. Cristescu, W. Pearsall, M. J. LaVoie, R. Keats, L. Rudstam, P. Hebert, H. Halbritter, T. Kelly, C. Matkovich, and H. J. MacIsaac. 2001. Distribution, fecundity, and genetics of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) (Crustacea, Cladocera) in Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 27: 19-32

Millard, E.S., Johannsson, O.E., Neilson, M.A. and El-Shaarawi, A.H. 2003. Long-term, seasonal and spatial trends in nutrients, chlorophyll a and light attenuation in Lake Ontario. State of Lake Ontario (SOLO): Past Present and Future. M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers: (in press).

Mills, E.L., Chrisman, J.R., Baldwin, B., Owens, R.W., O'Gorman, R., Howell, T., Roseman, E.F. and Raths, M.K. 1999. Changes in the dreissenid community in the lower Great Lakes with emphasis on southern Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 25: 187-197.

Mills, E.L., O'Gorman, R., DeGisi, J., Heberger, R.F. and House, R.A. 1992. Food of the alewife (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Ontario before and after the establishment of Bythotrephes cederstroemi. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2009-2019.

Munawar, M., Munawar, I.F., Dermott, R., Munawar, S.F., Norwood, W., Wenghofer, C., Lynn, D., Johannsson, O.E., Niblock, H., Carou, S., Fitzpatrick, M., Gasenbeek, K. and Weisse, T. 2001. Aquatic ecosystem health of Fathom Five national Marine Park: a structurral and functional assessment. Ecology, culture and conservation of a protected area: Fathom Five National Marine Park, Canada. S. Parker and M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers. Ecovision World Monograph Series: 99-149.

Nalepa, T.F. and Fahnenstiel, G.L. 1995. *Dreissena polymorpha* in the Saginaw Bay, Lake Huron ecosystem: overview and perspective. J. Great Lakes Res. 21: 411-416.

Nalepa, T.F., Hartson, D.J., Fanslow, D.L., Lang, G.A. and Lozano, S.J. 1998. Declines in benthic macroinvertebrate populations in southern Lake Michigan. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 2402-2413.

Ojaveer, H., L. A. Kuhns, R. P. Barbiero, and M. L. Tuchman. 2001. Distribution and population characteristics of *Cercopagis pengoi* in Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 27: 10-18.

Shuter, B.J. and Ing, K.K. 1997. Factors affecting the production of zooplankton in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 359-377.

Stewart, D.J. and Ibarra, M. 1991. Predation and production by salmonine fishes in Lake Michigan, 1978-88. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 909-922.

Vanderploeg, H.A., Liebig, J.R. and Omair, M. 1993. *Bythotrephes* predation on Great Lakes zooplankton measured by an in situ method: implications for zooplankton community structure. Arch. Hydrobiol. 127: 1-8.

Yan, N.D. and Pawson, T.W. 1997. Changes in the crustacean zooplankton community of Harp Lake, Canada following the invasion by *Bythotrephes cederstroemi*. Freshwat. Biol. 37: 409-425.

Résumé: L'invasion d'un écosystème par une espèce exotique entraîne des coûts économiques et écologiques. Plus de 70 % des espèces qui ont récemment envahi les Grands Lacs proviennent de la région ponto-caspienne. Parmi ces espèces, les moules dreissenidées ont eu les effets les plus remarquables et les plus dommageables, à la fois sur les plans économique et environnemental. Deux cladocères prédateurs (*Bythotrephes* et *Cercopagis*) semblent aussi avoir des impacts importants : lorsqu'ils sont abondants, ils modifient l'abondance et la répartition du zooplancton, ainsi que la structure de la cette communauté. On ignore les effets qu'ils ont sur les autres composantes du réseau alimentaire. Nous étudions actuellement 1) l'impact possible de *Bythotrephes* et, dans une moindre mesure, des dreissenidés, sur la valeur nutritive et les taux de croissance de *Mysis*; 2) l'impact de *Cercopagis* sur la communauté zooplanctonique et la possibilité que la prédation par les poissons ou la famine limitent les populations de ce cladocère; 3) le lien possible entre l'abondance et la répartition de Mysis et l'expansion des bancs de moules quaggas. Nous évaluerons les répercussions de ces impacts sur les poissons au moyen de modèles bioénergétiques et de modèles de l'écosystème entier.

Participants au programme :Pêches et Océans Canada : M^{me} Kelly Bowan (biologiste en chef), M^{me} Jocelyn Gerlofsma, M^{me} Cindy Chu et M^{me} Kathy Seifried; Environnement Canada : M. Tyler Spencer et M. Andrew Turnbull; University of Waterloo : M^{me} Joy Kennedy (étudiante de maîtrise)

Introduction

Faisant maintenant partie intégrante des réseaux trophiques des Grands Lacs, les invertébrés exotiques ont modifié les habitats pélagique et benthique, la structure des réseaux trophiques et les interactions entre prédateurs et proies (Makarewicz et al., 1995; Nalepa et Fahnenstiel, 1995). Peu des liens entre ces espèces et le poisson ont été étudiées en détail ou traduits clairement en répercussions sur les pêches. Nos travaux abordent les effets possibles de quatre de ces espèces envahissantes sur *Mysis relicta* et, dans une moindre mesure, sur les taux de croissance et la qualité nutritive de *Diporeia*, ainsi que les répercussions sur les pêches. *Mysis* et *Diporeia* sont des éléments essentiels du régime alimentaire du gaspareau (*Alosa psuedoharengus*), de l'éperlan arc-en-ciel (*Osmerus mordax*) et du cisco de fumage (*Coregonus hoyi*). Ces poissons fourrages soutiennent des pêches de salmonidés commercialement importantes (Stewart et Ibarra, 1991; Mills et al., 1992). Les quatre espèces exotiques préoccupantes comprennent deux cladocères prédateurs, *Bythotrephes longimanus* et *Cercopagis pengoi*, qui sont apparus respectivement avant 1982 et en 1998, et deux moules dreissenidées, *Dreissena polymorpha* (moule zébrée) et *D. bugensis* (moule quagga), qui ont envahi les Grands Lacs à la fin des années 1980 (Griffiths *et al.*, 1991; Johannsson et al., 1991; Dermott et Munawar, 1993; Krylov *et al.*, 1999; MacIsaac et al., 1999).

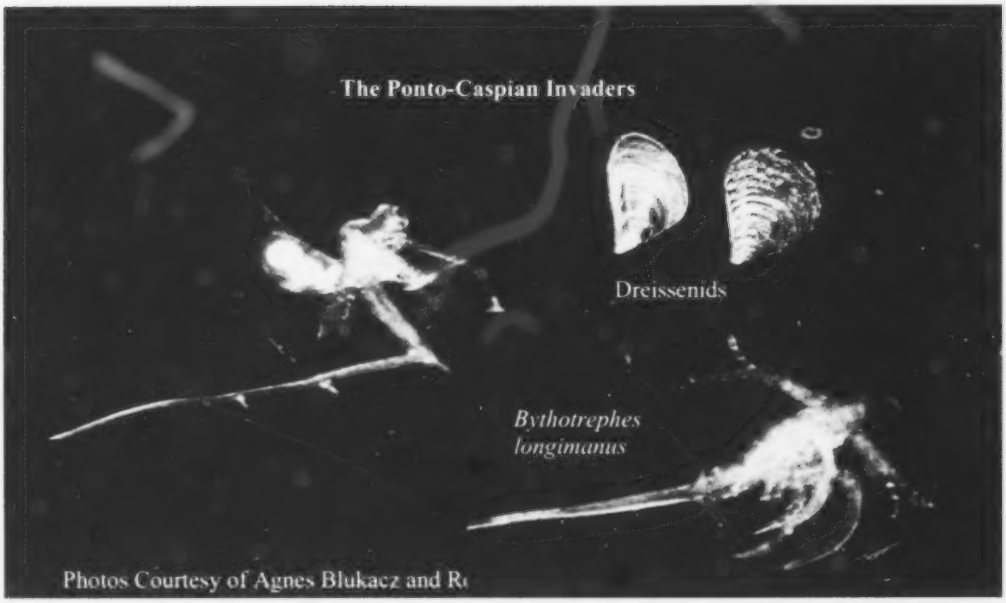


Figure 1. Photos des invertébrés exotiques préoccupants dans les Grands Lacs.

Mysis relicta

Mysis relicta est un macro-invertébré abondant à forte teneur en lipides dont le rôle, d'un point de vue halieutique, est de transférer de la production zooplanctonique et phytoplanctonique aux poissons fourrages. La mysis occupe les profondeurs des lacs, normalement où leur profondeur dépasse 50 m, et effectue une migration nycthémérale qui lui permet de faire le lien entre les milieux benthique et pélagique. Cet organismes habite au fond pendant le jour et le haut de la colonne d'eau (à une température inférieure à 16-17 °C) la nuit. Il est possible qu'il fasse aussi de courtes incursions dans l'épilimnion. On croit que cette migration s'est développée comme une réaction à la prédation par les poissons. Les mysis se nourrissent le jour et la nuit (Johannsson et al., 2001) de phytoplancton, surtout des diatomées, et de zooplancton. Tous les mysis mangent des rotifères, des cladocères et de petits copépodes; lorsque les mysis atteignent une longeur de 9 à 11 mm, ils commencent à manger de plus grands copépodes et des cladocères (Johannsson et al., 2003).

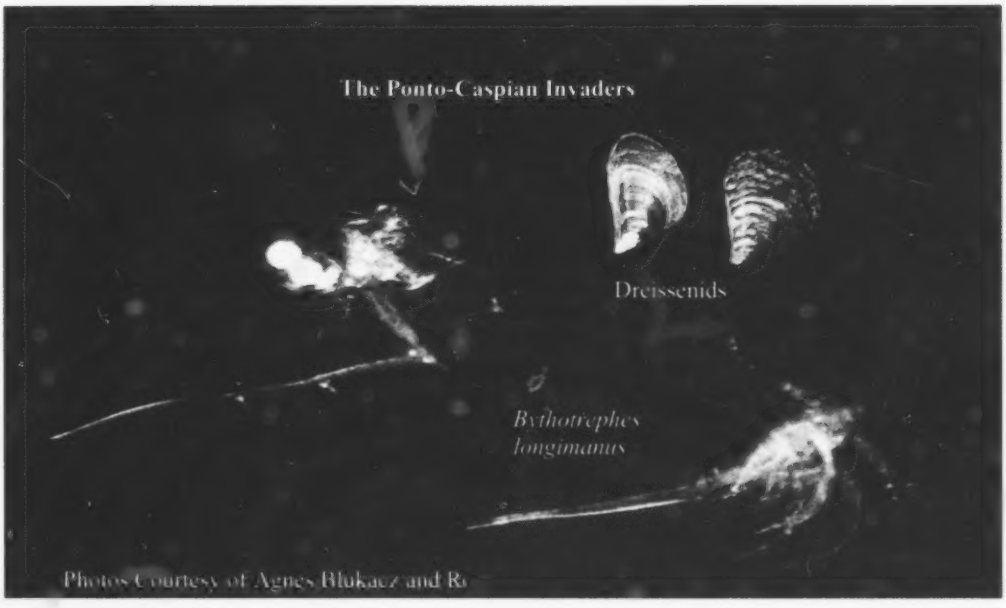


Figure 1. Photos des invertébrés exotiques préoccupants dans les Grands Lacs.

Mysis relicta

Mysis relicta est un macro-invertébré abondant à forte teneur en lipides dont le rôle, d'un point de vue halieutique, est de transférer de la production zooplanctonique et phytoplanctonique aux poissons fourrages. La mysis occupe les profondeurs des lacs, normalement où leur profondeur dépasse 50 m, et effectue une migration nycthémérale qui lui permet de faire le lien entre les milieux benthique et pélagique. Cet organismes habite au fond pendant le jour et le haut de la colonne d'eau (à une température inférieure à 16-17 °C) la nuit. Il est possible qu'il fasse aussi de courtes incursions dans l'épilimnion. On croit que cette migration s'est développée comme une réaction à la prédation par les poissons. Les mysis se nourrissent le jour et la nuit (Johannsson et al., 2001) de phytoplancton, surtout des diatomées, et de zooplancton. Tous les mysis mangent des rotifères, des cladocères et de petits copépodes; lorsque les mysis atteignent une longeur de 9 à 11 mm, ils commencent à manger de plus grands copépodes et des cladocères (Johannsson et al., 2003).

Figure 2. Composition en biomasse du régime alimentaire quotidien assimilé de grands mysis au large dans le lac Ontario en 1995. Pointillé = cladocères, lignes = calanoïdes, ombragé = cyclopoïdes et blanc = diatomées. Données tirées de Johannsson *et al.* (2001).

Diporeia

Diporeia est un amphipode d'eau profonde à forte teneur en lipides dont les densités de population sont maximales à des profondeurs du lac variant entre 30 m et 60 m, même si on le trouve aussi dans les zones les plus profondes. Il se nourrit de matière organique qui se dépose au fond, en particulier de diatomées. Depuis 10-12 ans, il disparaît de grands secteurs des Grands Lacs en même temps que les deux espèces de moules colonisent les sédiments profonds (Dermott, 2001; Lozano *et al.*, 2001). On soupçonne une relation causale, mais elle n'a pas été démontrée.

Figure 3. À gauche : disparition de *Diporeia* dans les Grands Lacs. Les zones où *Diporeia* est absent sont en gris pâle. Illustration gracieusement fournie par Ron Dermott, du MPO. À droite : répartition des moules quaggas (noir) et zébrées (gris). Données gracieusement fournies par les responsables du site Web sur les espèces invasives du NY Sea Grant.

Interactions possibles entre mysis et les espèces exotiques

Moules dreissenidées

Les dreissenidés sont des animaux benthiques qui filtrent les particules de la colonne d'eau sus-jacente. Ils ont colonisé le fond jusqu'à des profondeurs de 100 m dans le lac Ontario (Mills et al., 1999; Michael

Keir, MPO, communication personnelle). Leurs interactions avec mysis se produisent jusqu'à ces profondeurs. Nous ignorons actuellement comment la présence de grands nombres de dreissenidés sur des sédiments mous modifie la qualité de ces substrats pour les mysis. D'autres interactions sont cependant plus évidentes. Les dreissenidés réduisent la biomasse et la production du phytoplancton (ce qui accroît la transparence de l'eau) et du zooplancton dans la zone pélagique (Dahl et al., 1995; Graham et al., 1996; Johannsson et al., 2000). Ces changements modifient l'habitat et réduisent directement et indirectement la nourriture de mysis. L'impact est le plus marqué au printemps lorsque les dreissenidés réduisent la prolifération des diatomés (Millard et al., 2003). Au printemps 1995, les diatomées représentaient 50 pour cent du régime alimentaire de mysis au large dans le lac Ontario (Johannsson et al., 2001). La transparence accrue de l'eau rend mysis plus vulnérable à la prédation par les poissons. Au printemps, l'intensité lumineuse et la prédation par les poissons déterminent la distance verticale de migration de mysis (Gal, 1999). Les mysis s'alimenter à de plus grandes profondeurs ou durant des périodes plus courtes afin de réduire leur vulnérabilité, ce qui a pour effet de réduire la quantité de nourriture à laquelle ils ont accès. Si les poissons sont abondants aux profondeurs allant de 50 m à 100 m, on pourrait s'attendre à une baisse de l'abondance des mysis et peut-être aussi de leur taux de croissance et de leur qualité nutritive.

À l'été, la thermocline protège la production épilimnétique au large contre la filtration par les dreissenidés, ce qui devrait réduire l'impact de ces derniers sur l'alimentation de mysis. Il pourrait y avoir quelques interactions indirectes près du fond, mais seul le mouvement d'eaux appauvries en phytoplancton et en zooplancton à partir de zones littorales réduirait les ressources alimentaires de mysis.

Bythotrephes* et *Cercopagis

Bythotrephes est un cladocère prédateur de grande taille qui entre en concurrence directe avec mysis pour l'obtention de proies puisque les préférences des deux espèces en matière d'habitat et de proies se chevauchent considérablement. Les deux espèces, qui sont plus abondantes au large, se nourrissent dans l'hypolimnion supérieur et le métalimnion de diverses proies zooplanctoniques, mais elles préfèrent les cladocères (Bowers et Vanderploeg, 1982; Vanderploeg et al., 1993; Johannsson, données non publiées). L'efficacité de prédation des deux espèces porte à croire qu'elles se livrent une concurrence intense. Lorsqu'elles ont colonisé de nouveaux milieux, les deux espèces ont réduit l'abondance et la biomasse des cladocères, en particulier de *Daphnia* (Lasenby et al., 1986; Yan et Pawson, 1997). La présence de *Mysis* et *Bythotrephes* dans un même plan d'eau réduit leurs ressources alimentaires, car les cladocères n'ont alors d'autres refuges contre la prédation que leur taille. Dans cette situation, certaines espèces de cladocères disparaissent, tandis que d'autres subissent une baisse considérable de leur abondance (Makarewicz et al., 1995; Yan et al., 1997; Munawar et al., 2001). Les interactions entre les deux espèces seraient restreintes à la période allant de juillet à septembre lorsque *Bythotrephes* peut être abondant. Il s'agit de la période de production des cladocères, surtout *Daphnia*, dans les Grands Lacs.

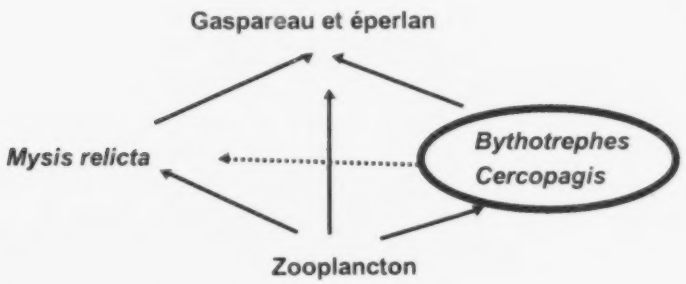


Figure 4. Le triangle trophique formé des poissons, des mysis et du zooplancton est devenu un quadrangle/pentangle trophique.

Cercopagis est un petit cladocère prédateur présent au large dans le lac Ontario pendant une bonne partie de l'été et abondant en juillet et en août (Makarewicz *et al.*, 2001; Ojaver *et al.*, 2001). Il occupe le bas de l'épilimnion et le haut du métalimnion, ce qui correspond à la bordure supérieure de l'aire de répartition verticale de mysis ou à la zone immédiatement au-dessus (Benoit *et al.*, 2002). *Cercopagis* semble se nourrir de rotifères, de petits cladocères comme les bosmines, de nauplii de copépodes et de petits copépodites (Benoit et al., 2002). Toutefois l'impact de *Cercopagis* sur les ressources alimentaires de mysis n'est pas simple. Les copépodes immatures sont plus abondants en eau profonde lorsque *Cercopagis* est abondant, ce qui accroît les densités de copépodes dans les zones d'alimentation de mysis. Bien que les mysis de toutes les tailles consomment ces proies, le chevauchement des régimes alimentaires de *Cercopagis* et de mysis est maximal pour les mysis immatures, qui devraient donc subir la concurrence la plus intense de la part de *Cercopagis*.

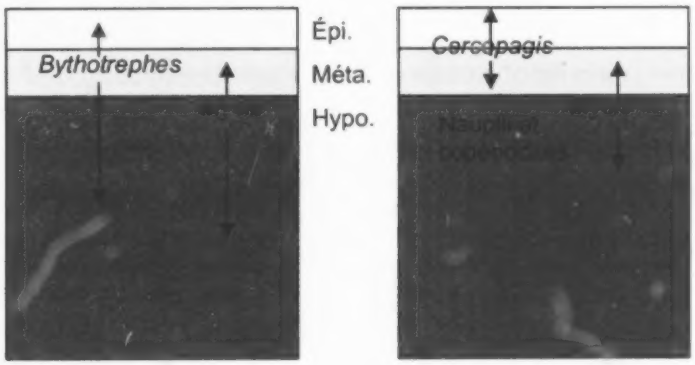


Figure 5. Chevauchement des répartitions verticales nocturnes de Mysis, de Bythotrephes et de Cercopagis dans une colonne d'eau stratifiée : gris foncé = hypolimnion, gris pâle = métalimnion et blanc = épilimnion.

Les déclins de populations de cladocères peuvent être plus importants que la baisse de la biomasse totale du zooplancton. Comme les cladocères ont des rapports production/biomasse (P/B) plus élevés que ceux des copépodes (Shuter et Ing, 1997) et qu'ils ont tendance à occuper des eaux plus chaudes et plus productives, leur disparition revêt une importance disproportionnée pour la production zooplanctonique totale. De plus, les cladocères pourraient constituer un type de proie particulièrement important, et leur disparition pourrait avoir des répercussions sur les plans énergétique et nutritif. Comme les cladocères se déplacent moins rapidement que les copépodes, leurs prédateurs dépensent moins d'énergie pour capturer les premiers. La valeur nutritive des cladocères pourrait être plus grande que celle des copépodes, puisqu'ils ont tendance à présenter des rapports P:C et des concentrations de certains acides gras essentiels plus élevés (Brett *et al.*, 2000). La consommation de proies dont les rapports P:C et les concentrations d'acides gras essentiels sont faibles pourrait réduire taux de croissance et le coefficient de condition des prédateurs (c.-à-d. mysis qui mangent du zooplancton et poissons qui mangent des mysis).

Nous posons l'hypothèse que la présence de dreissenidés et de *Bythotrephes* dans le réseau trophique réduit la valeur nutritive, le taux de croissance et la taille des mysis, ce qui diminue leur qualité/disponibilité globale en tant que nourriture du poisson.

Méthodes

Cercopagis est un petit cladocère prédateur présent au large dans le lac Ontario pendant une bonne partie de l'été et abondant en juillet et en août (Makarewicz *et al.*, 2001; Ojaver *et al.*, 2001). Il occupe le bas de l'épilimnion et le haut du métalimnion, ce qui correspond à la bordure supérieure de l'aire de répartition verticale de mysis ou à la zone immédiatement au-dessus (Benoit *et al.*, 2002). *Cercopagis* semble se nourrir de rotifères, de petits cladocères comme les bosmines, de nauplii de copépodes et de petits copépodites (Benoit et al., 2002). Toutefois l'impact de *Cercopagis* sur les ressources alimentaires de mysis n'est pas simple. Les copépodes immatures sont plus abondants en eau profonde lorsque *Cercopagis* est abondant, ce qui accroît les densités de copépodes dans les zones d'alimentation de mysis. Bien que les mysis de toutes les tailles consomment ces proies, le chevauchement des régimes alimentaires de *Cercopagis* et de mysis est maximal pour les mysis immatures, qui devraient donc subir la concurrence la plus intense de la part de *Cercopagis*.

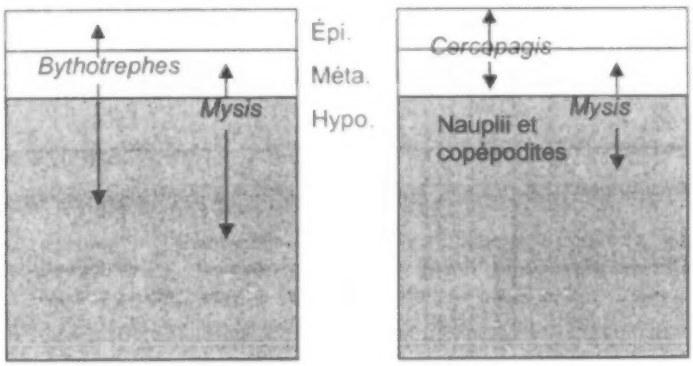


Figure 5. Chevauchement des répartitions verticales nocturnes de Mysis, de Bythotrephes et de Cercopagis dans une colonne d'eau stratifiée : gris foncé = hypolimnion, gris pâle = métalimnion et blanc = épilimnion.

Les déclins de populations de cladocères peuvent être plus importants que la baisse de la biomasse totale du zooplancton. Comme les cladocères ont des rapports production/biomasse (P/B) plus élevés que ceux des copépodes (Shuter et Ing, 1997) et qu'ils ont tendance à occuper des eaux plus chaudes et plus productives, leur disparition revêt une importance disproportionnée pour la production zooplanctonique totale. De plus, les cladocères pourraient constituer un type de proie particulièrement important, et leur disparition pourrait avoir des répercussions sur les plans énergétique et nutritif. Comme les cladocères se déplacent moins rapidement que les copépodes, leurs prédateurs dépensent moins d'énergie pour capturer les premiers. La valeur nutritive des cladocères pourrait être plus grande que celle des copépodes, puisqu'ils ont tendance à présenter des rapports P:C et des concentrations de certains acides gras essentiels plus élevés (Brett *et al.*, 2000). La consommation de proies dont les rapports P:C et les concentrations d'acides gras essentiels sont faibles pourrait réduire taux de croissance et le coefficient de condition des prédateurs (c.-à-d. mysis qui mangent du zooplancton et poissons qui mangent des mysis).

Nous posons l'hypothèse que la présence de dreissenidés et de *Bythotrephes* dans le réseau trophique réduit la valeur nutritive, le taux de croissance et la taille des mysis, ce qui diminue leur qualité/disponibilité globale en tant que nourriture du poisson.

Méthodes

Les Grands Lacs diffèrent quant aux abondances relatives des espèces exotiques *Bythotrephes longimanus*, *Cercopagis pengoi*, *Dreissena polymorpha* et *D. bugensis*, ce qui permet de faire des comparaisons utiles des impacts sur les réseaux trophiques. Les conclusions tirées des comparaisons entre les Grands Lacs peuvent ensuite être vérifiées par une étude plus précise sur d'autres lacs à mysis appariés peuplés ou non des diverses espèces exotiques.

Le programme de recherche comprend trois volets :

- Travaux de terrain effectués dans les lacs Ontario, Huron et Supérieur pour en étudier les réseaux trophiques et mesurer l'étendue des taux de croissance de *Mysis* et de *Diporeia*.
- Relevé du taux de croissance, de la valeur nutritive et de l'abondance de *Mysis* dans une série d'autres lacs de niveaux trophiques variables, exempts de dreissenidés et colonisés ou non par *Bythotrephes*.
- Vérification de scénarios au moyen de modèles bioénergétiques des trois espèces de poisson fourrage afin de prévoir l'effet des modifications du taux de croissance et de la valeur nutritive sur la production de poisson.

Tableau 1. Comparaisons expérimentales selon les lacs et les mesures à effectuer au printemps, à l'été et à l'automne dans les Grands Lacs et durant l'été dans les autres lacs. Dans ces autres lacs, nous analyserons la densité et la composition des sources de nourriture, mais pas la valeur nutritive des proies.

		Bytho	*Cerco*	M. zébrée
Grands Lacs:	**Ontario**	x	y	y
	Huron	y	x	x,y
	Supérier	y	x	x
Autres Lacs:	**10**	x	x	x
	10	y	x	x

Valeur nutritive : lipides (acides gras polyinsaturés), phosphore/carbone;
Mysis, Diporeia, Bythotrephes et leurs sources de nourriture

Taux de croissance : ARN/ADN, ARN/protéine
Mysis and Diporeia

Résultats et discussion

À venir, car ce programme n'a été financé qu'en 2002.

Références

Benoit, H.P., Johannsson, O.E., Warner, D.M., Sprules, W.G. et Rudstam, L.G. 2002. Assessing the impact of a recent predatory invader: The population dynamics, vertical distribution and potential prey of *Cercopagis pengoi* in Lake Ontario. Limnol. Oceanogr. 47: 626-635.

Bowers, J.A. et Vanderploeg, H.A. 1982. In situ predatory behaviour of *Mysis relicta* in Lake Michigan. Hydrobiol. 93: 121-131.

Brett, M.T., Muller-Navarra, D.C. et Park, S.-K. 2000. Empirical analysis of the effect of phosphorus limitation on algal food quality for freshwater zooplankton. Limnol. Oceanogr. 45: 1564-1575.

Dermott, R. 2001. Sudden disappearance of the amphipod *Diporeia* from eastern Lake Ontario, 1993 - 1995. J. Great Lakes Res. 27: 423-433.

Dahl, J.A., Graham, D.M., Dermott, R., Johannsson, O.E., Millard, E.S. et Myles, D.M. 1995. Lake Erie 1993, western, west central and eastern basins: Change in trophic status, and assessment of the abundance, biomass and production of the lower trophic levels. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2070: xii + 118 p.

Dermott, R. et Munawar, M. 1993. Invasion of Lake Erie offshore sediments by *Dreissena*, and its ecological implications. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2298-2304.

Gal, G.J.h.t.t. 1999. The Biological and Physical Interactions of Mysis relicta in Lake Ontario. Forestry and Environmental Sciences. Ithaca, N.Y., Cornell: 176.

Graham, D.M., Dahl, J.A., Millard, E.S., Johannsson, O.E. et White, L.L. 1996. Assessment of abundance, biomass and production of the lower trophic levels in the eastern basin of Lake Erie, 1994. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. No. 2110: x+104 p.

Griffiths, R.W., D.W. Schloesser, J.H. Leach et W.P. Kovalak. 1991. Distribution and dispersal of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in the Great Lakes region. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1381-1388.

Johannsson, O.E., Dermott, R., Graham, D.M., Dahl, J.A., Millard, E.S., Myles, D.D. et LeBlanc, J. 2000. Benthic and pelagic seondary production in Lake Erie after the invasion of *Dreissena* spp. with implications for fish production. J. Great Lakes Res. 26: 31-54.

Johannsson, O.E., Leggett, M.F., Rudstam, L.G., Servos, M., Dermott, R., Gal, G., Mohammadian, A. et Hesslein, R.H. 2001. Diet of *Mysis relicta* in Lake Ontario as revealed by stable isotope and gut content analysis. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 1975-1986.

Johannsson, O.E., Mills, E.L. et O'Gorman, R. 1991. Changes in the nearshore and offshore zooplankton communities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 1546-1557.

Johannsson, O.E., Rudstam, L.G., Gal, G. et Leggett, M.F. 2003. *Mysis relicta* in Lake Ontario: Population dynamics, trophic linkages and further questions. State of Lake Ontario (SOLO): Past, Present and Future. M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers.

Krylov, P.I., D.E. Bychenkov, V.E. Panov, N.V. Rodionova, et I.V. Telesh. 1999. Distribution and seasonal dynamics of the Ponto-Caspian invader *Cercopagis pengoi* (Crustacea, Cladocera) in the Neva Estuary (Gulf of Finland). Hydrobiol. 393: 227-232.

Lasenby, D.C., Northcote, T.G. et Furst, M. 1986. Theory, practice, and effects of *Mysis relicta* introductions to North American and Scandanavian lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 43: 1277-1284.

Lozano, S.J., Scharold, J.V., et Nalepa, T.F. 2001. Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58: 518-529.

MacIsaac, H.J., Grigorovich, I.A., Hoyle, J.A., Yan, N.D. et Panov, V.E. 1999. Invasion of Lake Ontario by the Ponto-Caspian predatory cladoceran *Cercopagis pengoi*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1-5.

Makarewicz, J.C., Bertram, P., Lewis, T. et Brown, E.H.J. 1995. A decade of predatory control of zooplankton species compositon of Lake Michigan. J. Great Lakes Res. 21: 620-640.

Makarewicz, J. C., I. A. Grigorovich, E. Mills, E. Damaske, M. E. Cristescu, W. Pearsall, M. J. LaVoie, R. Keats, L. Rudstam, P. Hebert, H. Halbritter, T. Kelly, C. Matkovich, et H. J. MacIsaac. 2001.

Distribution, fecundity, and genetics of *Cercopagis pengoi* (Ostroumov) (Crustacea, Cladocera) in Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 27: 19-32

Millard, E.S., Johannsson, O.E., Neilson, M.A. et El-Shaarawi, A.H. 2003. Long-term, seasonal and spatial trends in nutrients, chlorophyll a and light attenuation in Lake Ontario. State of Lake Ontario (SOLO): Past Present and Future. M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers (sous presse).

Mills, E.L., Chrisman, J.R., Baldwin, B., Owens, R.W., O'Gorman, R., Howell, T., Roseman, E.F. et Raths, M.K. 1999. Changes in the dreissenid community in the lower Great Lakes with emphasis on southern Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 25: 187-197.

Mills, E.L., O'Gorman, R., DeGisi, J., Heberger, R.F. et House, R.A. 1992. Food of the alewife (*Alosa pseudoharengus*) in Lake Ontario before and after the establishment of Bythotrephes cederstroemi. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49: 2009-2019.

Munawar, M., Munawar, I.F., Dermott, R., Munawar, S.F., Norwood, W., Wenghofer, C., Lynn, D., Johannsson, O.E., Niblock, H., Carou, S., Fitzpatrick, M., Gasenbeek, K. et Weisse, T. 2001. Aquatic ecosystem health of Fathom Five national Marine Park: a structurral and functional assessment. Ecology, culture and conservation of a protected area: Fathom Five National Marine Park, Canada. S. Parker et M. Munawar. Leiden, The Netherlands, Backhuys Publishers. Ecovision World Monograph Series: 99-149.

Nalepa, T.F. et Fahnenstiel, G.L. 1995. *Dreissena polymorpha* in the Saginaw Bay, Lake Huron ecosystem: overview and perspective. J. Great Lakes Res. 21: 411-416.

Nalepa, T.F., Hartson, D.J., Fanslow, D.L., Lang, G.A. et Lozano, S.J. 1998. Declines in benthic macroinvertebrate populations in southern Lake Michigan. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 2402-2413.

Ojaveer, H., L. A. Kuhns, R. P. Barbiero et M. L. Tuchman. 2001. Distribution and population characteristics of *Cercopagis pengoi* in Lake Ontario. J. Great Lakes Res. 27: 10-18.

Shuter, B.J. et Ing, K.K. 1997. Factors affecting the production of zooplankton in lakes. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 54: 359-377.

Stewart, D.J. et Ibarra, M. 1991. Predation and production by salmonine fishes in Lake Michigan, 1978-88. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 48: 909-922.

Vanderploeg, H.A., Liebig, J.R. et Omair, M. 1993. *Bythotrephes* predation on Great Lakes zooplankton measured by an in situ method: implications for zooplankton community structure. Arch. Hydrobiol. 127: 1-8.

Yan, N.D. et Pawson, T.W. 1997. Changes in the crustacean zooplankton community of Harp Lake, Canada following the invasion by *Bythotrephes cederstroemi*. Freshwat. Biol. 37: 409-425.

Statistical repeatability of euphausiid population size estimates: comparing replicate acoustic surveys and block averaging to geostatistical spatial interpolation methods/ Répétabilité statistique des estimations de populations d'euphausiacés : comparaison de relevés acoustiques répétés avec calcul de moyennes par bloc et de méthodes géostatistiques d'interpolation spatiale. Stephen J. Romaine and David L. Mackas, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Institute of Ocean Sciences, P.O. Box 6000, Sidney, British Columbia V8L 4B2 Tel.: (250) 363-6868 Fax: (250) 363-6479 E-mail: RomaineS@pac.dfo-mpo.gc.ca *and* Michael C. Macaulay, University of Washington, Applied Physics Laboratory, Seattle, Washington, United States / Stephen J. Romaine et David L. Mackas, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Institut des sciences de la mer, C.P. 6000, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2 Tél. : (250) 363-6868 Téléc. : (250) 363-6479 Courriel : RomaineS@ dfo-mpo.gc.ca *et* Michael C. Macaulay Université du Washington, Seattle (Washington), États-Unis

Abstract: Local euphausiid spatial distributions tend to be extremely patchy along British Columbia's coast. Euphausiid stocks and their spatial distributions are often assessed using echosounder surveys; however, the statistical error bars appropriate for individual survey results are not well known. We quantified these error bars by examining the statistical repeatability of acoustic estimates of total

euphausiid biomass within two enclosed inlets adjoining the Strait of Georgia, British Columbia. Within each inlet, paired and replicated "mirror-image" zig-zag survey transects provided sets of closely-spaced backscatter profiles along the survey lines. Local stock density (biomass per unit area) was calculated by vertical integration across ground-truthed euphausiid scattering layers. Total inlet population size was then estimated by horizontal interpolation and integration of the local measurements, both by simple block averaging and geostatistical interpolation (kriging). For the partial surveys (one half of the mirror-image paired grid) multiplicative error bars were about a factor of 1.5 for Jervis Inlet and 1.7 for Saanich Inlet. Using the full surveys (both halves of the mirror-image pair), the error was reduced to about a factor of 1.35 for Jervis Inlet and about 1.65 for Saanich Inlet. Statistical precision was similar for the block average vs. kriging interpolation and integration methods; however, kriging also provided useful information about euphausiid spatial distributions within these inlets. In addition, stock estimate errors were further reduced by using an unbiased log-transformation routine during the geostatistical interpolation process. Detailed acoustic surveys within small areas can quantify statistical replicate errors and should be investigated prior to planning and conducting larger surveys.

introduction

Euphausiid Populations in British Columbia, Canada

In British Columbia's coastal and offshore waters, euphausiids often account for 10-25% of net-caught zooplankton biomass and secondary production (Heath 1977; Mackas 1992; Tanasichuk 1998). Their importance as food for vertebrate predators of zooplankton is even greater because they are the preferred prey of many dominant local finfish, marine mammals, and some seabirds. Within the Strait of Georgia, there is also a small but emerging commercial euphausiid fishery (500 $t \cdot yr^{-1}$) in operation targeting the dominant species of *Euphausia pacifica*. Because of their ecological importance in local waters, there is a need for reliable information about average levels of euphausiid stocks and their spatial, seasonal, and interannual variability, particularly in areas where the commercial fishery and wild predator populations may be in competition. *Euphausia pacifica* undergo a pronounced diel vertical migration, rising to the surface layer at night to feed, then descending at dawn to a dimly-lit depth strata (between 80-150 m) to avoid visual detection by predators during daylight hours (Mauchline 1980). Their horizontal spatial distribution is also extremely patchy, with a large fraction of the total population biomass aggregated in a small fraction of the habitat. Euphausiids within our study area averaged about 16 mm in length and have a life span of about 12-16 months.

Population assessment

The dynamic spatial nature and temporary structure of euphausiid distributions creates quantitative stock assessment challenges when mapping and integrating intensely changing, spatially heterogeneous patterns. Our goal is to assess the methods used to determine stock estimates from acoustic surveys. We will present stock estimates calculated from acoustic data and their repeatability errors calculated from different biomass estimation methods.

Net tows provide detailed information about the local concentrations and distributions of a target population, but may also not be truly representive of a population that experiences patchy distributions over the survey area. Tows are also subject to an avoidance factor that may bias population estimates that are made exclusively from tow information.

Acoustic stock surveys, on the other hand, provide a more complete spatial coverage per unit cost and acoustic technology minimizes potential avoidance issues that can occur with net tows. Acoustics can also cover large areas in a limited time period and provide thousands of biomass sample point estimates. No acoustic assessment study is complete without a few representive net tows to ground-truth the acoustic signals suspected to be the target population.

Distribution and biomass estimation methods

We will present two different methods of spatial interpolation and integration: one will use a traditional statistics approach that assumes independence between sampled points, and the other will use the kriging where autocorrelation values of sampled points will assist in determining interpolated points. In the first approach, which we will hereafter refer to as "block averaging", the study area is divided into one or more subareas and biomass within each subarea is estimated from the unweighted average of all measurements taken within that subarea. The total stock size estimate is the sum over the mosaic of subareas of the product of each density within its respective surface area.

Alternatively, kriging provides an application to produce contour grids based on interpolated sample points and an overall estimate of the stock within the study area. Although population estimates may be achieved with simple interpolation functions, kriging provides a superior gridding method when data points are autocorrelated since weights of nearby points on estimated points are based on a semi-variogram model rather than a simpler inverse-distance function. This semi-variogram model is then used during interpolation to determine the degree of dependence that nearby sampling points will have on points to be estimated. To minimize errors associated with the semi-variogram fitting, we used a data transformation method during the semi-variogram modelling process. We applied a transformation to the raw data prior to modelling and the generated semi-variogram output values are back-transformed and used in the interpolation process with unaltered data.

Methods

Study area

Two inlets adjacent to the Strait of Georgia (Figure 1) were chosen for this acoustic study based on their limited water exchange with the Strait of Georgia and their relatively large and well-documented *E. pacifica* populations (Mackas and Moore 1994). An extensive sampling program occurred in both of these inlets between 1994-95 will be presented here. Several different platforms were used to conduct this study and the details of specific platforms and acoustic equipment used is available in Romaine *et al.* (2002).

Saanich Inlet is located on southern Vancouver Island and is approximately 24 km long, while its width expands from approximately 500 m at the head to about 5 km near the mouth. Jervis Inlet is a large mainland inlet that opens through Malaspina Strait into the Strait of Georgia (Figure 1). It is 89 km long, with a mean width of 3.1 km, and a mean depth of approximately 500 m (Pickard 1961).

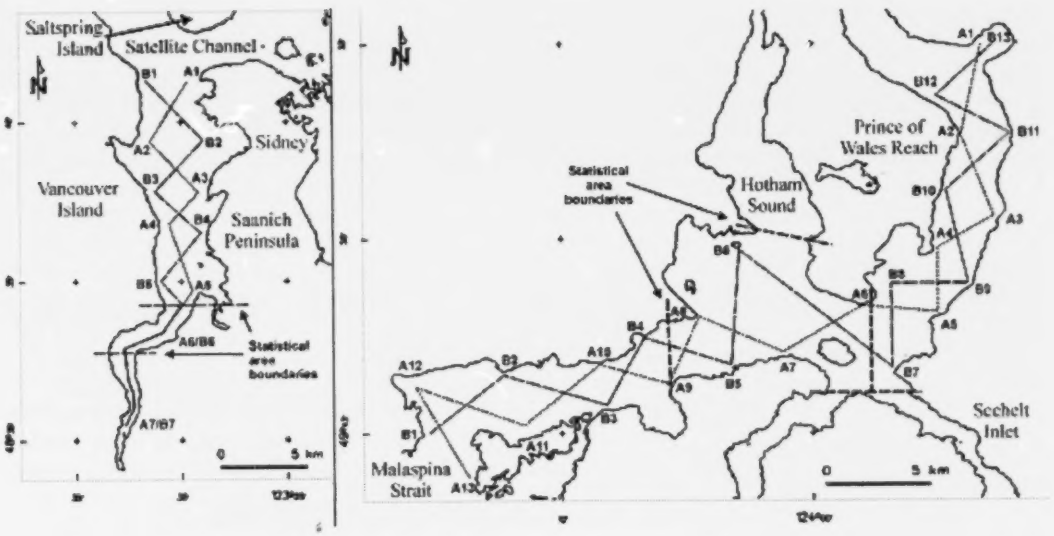


Figure 1. Left: Saanich Inlet's A and B replicate "mirror-image" sub-transects. Note that a single mid-channel transect was run south of A5/B5. Right: Jervis Inlet's A and B replicate "mirror-image" sub-transects. Statistical boundaries indicate block-average sub-areas (both from Romaine *et al.* 2002).

Transect design and sampling

For our inlet surveys we used a zig-zag pattern based on the spatial distributions of the target species and to maximize spatial coverage with available ship time. Acoustic transects could only be run during daylight hours due to the diurnal migration of the euphausiids to the surface at night. Transects in both inlets had approximately equal spacing between parallel legs (about 3-4 km) to maximize coverage and to account for topographic irregularities found within each inlet. The use of pre-determined transects produced relatively complete and representative coverage, but there is no guarantee that our fixed transect grids were completely representative of the true euphausiid populations. Transects were designed as two mirror image criss-cross "sub-transects", denoted as 'A' and 'B' for both inlets. A "full transect" denotes a combination of data collected along both A and B sub-transects sampled during one day. Uncertainties of biomass estimates were then calculated for data included from individual sub-transects and from full transects.

Quantifying the precision of acoustic estimates of total stock size

Each sub-transect within each inlet covered about the same distance and collected about the same amount of data. A comparison between sub-transects run during the same survey period provided a measure of the agreement of within-time-period replicates or individual sub-transect uncertainty estimates. Full transect estimates (two complementary sub-transects) will have lower estimate uncertainties since approximately twice the volume of data was included in the biomass calculation. Estimates made from individual sub-transects will have larger uncertainty errors, but take only half the time to complete.

Data processing and biomass estimation

We used two different methods of biomass estimation from our survey data. Block average stock estimates were calculated from a mosaic of equally weighted sample averages integrated over the portion of the survey area where the bottom depth was ≥100 m. Since acoustic sampling occurred only during daylight hours and the euphausiid scattering layer was typically below 100 m during the survey period, we assumed that no euphausiid biomass would be present in locations shallower than this depth.

Alternatively we used an interpolation function that accounts for data dependence. To minimize estimate biasing, geostatistical kriging accommodates the effects of spatial autocorrelation among measured data points in its weighting coefficients. Acoustic data were log-transformed [$\log_{10}$(dryweight g•m^{-2}+1)] to correct their positively skewed distribution prior to generating semi-variograms (see Romaine *et al.* 2002). Log transformation is commonly used in biological modeling; however, simple averaging of log-transformed data is not optimal for stock assessment due to the downward biasing of estimated back-transformed means (Foote and Stefánsson 1993). If skewed data are not transformed prior to the semi-variogram modelling process, the required semi-variogram model equation may be somewhat challenging to fit (e.g., Simard *et al.* 1992; Petitgas 1993). Although log-transformed data were used in the semi-variogram fitting process, untransformed data were used in the interpolation process.

Results and Discussion

The reliability of our acoustic estimates was measured in three different ways: a) comparison between sub-transects (A vs. B) within each inlet; b) comparison between full transects (A plus B) sampled during the same survey period within each inlet; and c) comparison of the variance errors associated with using block-averages and kriging.

Survey estimate method uncertainties

Assuming a constant, but spatial varying euphausiid population within each of the inlets allowed relatively dense coverage of along- and cross-inlet variability, while maximizing the total area covered by zig-zag transects within a limited time period. Surveying these transects also permitted us to treat each sub-transect as a replicate of all other sub-transects sampled during the same survey period and we also combined mirror-image sub-transects to compare between survey days, thus providing a between days reliability factor. Additionally, repeating of both the sub- and full transects allowed assessment of within-transect and between-transect variances. The inclusion of more data points (such as by using a full transect instead of sub-transects) gave a more precise estimate, but at an increased survey and processing cost.

Block averages provide biomass estimates by simply taking the average acoustic biomass return and multiplying by the suspected habitat area. This quick estimation method assumes that all data points are independent of each other - a poor assumption to make when using transect data that are likely to show a moderate to strong autocorrelation. Biomass estimate error bars are determined based purely on the data set's variance value with block averages and thus, the inclusion of a greater number of data points collected will reduce the size of the error bars in the stock estimate.

Kriging provides much greater detail about population distributions since during the interpolation process, a user-defined grid is established so that interpolated values are determined for each grid point. Kriged error bars are determined from a summation of variance errors that are generated during the interpolation process. Where a sample point is estimated within the range and anisotropy that is specified in the semi-variogram equation, the variance of the point estimate will be lower than the raw data set variance. With the inclusion of many data points over the entire study area, kriging will provide better detail of spatial distributions and smaller error bars on the stock estimate compared to block averages.

Use of transformations during semi-variogram modelling

For all kriging interpolations presented here, we used a log-transformation on the raw data prior to modelling the semi-variograms. Values obtained from the semi-variograms were back-transformed prior to running the interpolation, with the exception of the values relating to the percentage explained and unexplained variability within the data set. These values were passed to the interpolation as their percentages from the semi-variogram model to their percentages of the raw data set's variance, assuming that the raw variance approximated the sill of the semi-variogram. We deemed this method of semi-variogram transformations as an additional step in reducing biomass estimate uncertainties within our data

sets. Romaine (in prep.) found that sample acoustic data that were transformed prior to generation of semi-variograms reduced the uncertainty during the semi-variogram model fitting process by about 5X.

Comparisons between sub-transects

Comparisons were conducted between sub-transects collected during the same survey period. An analysis of variance (ANOVA) permitted a Mean Square Error (MSE) calculation on the monthly biomass estimates made from individual sub-transects using both block-averages and kriging. Estimates of repeatability were determined from the MSE residual of one-way ANOVAs of $\log_{10}$(estimated biomass), where 'treatments' were survey month and 'replicates' were sub-transects. Agreement was usually within a factor of two, and often much closer (see Romaine et al. 2002 for data tables).

The Jervis Inlet sub-transect comparisons had error bars within two standard errors at about ±46% or ×/÷52%. The Saanich Inlet sub-transects had error bars with two standard errors at about ±63% or ×/÷73%. The overall survey coverage area of Saanich inlet is about 33% of that compared to Jervis Inlet and we attribute the lower variability estimate for Jervis Inlet due to the inclusion of about three times the data volume (or higher error bar values due to the instability of sampling a smaller area).

Comparisons between full transects

We included about twice the data in the biomass estimation to permit the comparison between full mirror image transects (combined sub-transects A and B). A total of five Jervis Inlet and two Saanich Inlet surveys had multiple days where full transects were run. For this comparison, full transects on adjoining days were treated as replicates. Estimates of replicability were determined from the MSE residual of one-way ANOVAs of $\log_{10}$(total biomass), where 'treatments' were survey month and 'replicates' were days. With the inclusion of about twice as much data as a half or sub-transect, biomass estimates became more stable.

Jervis Inlet surveys had error bars of about ×/÷37% for block-average estimates and error bars of about ×/÷31% for kriging. The inclusion of about twice the amount of data therefore improved the precision of the block average estimates by about 26% and kriging estimates by about 42%. The inclusion of approximately twice the data points for the Jervis Inlet surveys increased the precision of the kriging estimate by about 74%.

Saanich Inlet surveys had error bars of about ×/÷62% for block-average estimates and error bars of about ×/÷72% for kriging. With the inclusion of about twice as many data points in Saanich Inlet, kriging estimate uncertainty was improved by about 11%, whereas block averages only improved by about 5%. We attribute this small reduction in estimate uncertainty to a consistently present patch of euphausiids located near waypoint A2 (Figure 1, left) for all survey periods, thus skewing the interpolated biomass estimate made from the A sub-transect.

Comparisons of kriging estimation and block-averages variance errors

For one survey period a calculation of interpolation estimate errors was made. The number of independent samples of all raw data sets was calculated using the semi-variogram equations. Although this involved additional, complicated steps for the block-average calculations, it allowed us to determine the degrees of freedom on our block-average biomass estimates and compare these values to the error variances obtained using kriging. Geostatistical interpolation uses dependent data to determine weightings of nearby known sampled points when estimating an unknown datum for an unsampled map grid point. Along with the unknown point estimate, a calculation of that point's error variance is also made. Where a sample point is estimated within the range and anisotropy is specified in the semi-variogram equation, the variance of the point estimate will be lower than the raw data set variance. Summation of the variances of both the block-average and kriged point estimates allowed comparison of how much 'better' the kriged estimate errors were than the block-average errors.

For this test, we used data from the June 1995 Jervis Inlet survey and compared the interpolation estimate variances from individual and full daily transects plus a combined, composite transect which included all the data collected over a two-day period (Table 1). We determined the number of independent samples within a data set using the parameters of the kriging semi-variogram equation to calculate areas of independence with an autocorrelated data set. As expected, all kriged estimates were more precise (smaller error bars) than block-average estimates, since block-average errors were calculated without taking advantage of the dependent relationship between adjacent sample points. On average, our kriging estimates reduced errors by 20% when compared to the raw data set variances.

Table 1. Kriging estimate errors compared to block-average estimate errors for the June 1995 survey in Jervis Inlet with 95% confidence limits. Block-average variance errors were calculated using the number of independent samples determined from the semi-variogram equations. On average, our kriging estimates contained estimation errors about 20% lower than estimates made using block-averages.

Estimation Data, Jervis Inlet, June 1995	Block-average Variance Error (%)	Kriging Variance Error (%)	Kriging Estimate Error Reduction (%)
Sub-transect A, Day 1	31.0	23.8	23.2
Sub-transect B, Day 1	23.8	17.8	25.2
Sub-transect A, Day 2	17.2	16.5	4.1
Sub-transect B, Day 2	20.5	19.6	4.4
Combined A&B, Day 1	32.6	21.9	32.8
Combined A&B, Day 2	20.6	17.6	14.6
Composite A&B, Days 1&2	24.2	18.9	21.9

Conclusions

Stock assessment surveys always involve trade-offs between available ship time, ideal coverage, and estimate precision. An increase in the number of data points collected, as was shown here with sub- and full transects, will ultimately reduce biomass errors with any method of interpolation. Detailed transects also allow the determination of local biases in population structure and these may then be used to plan sparser future surveys. Alternatively, modifications may be made to existing transects to account for local fluctuations in the population.

A comparison was made using two different methods of estimating biomass within our study areas. Block averages assume sampled data point independence and simply use the mean and standard deviation to provide an estimate of biomass and the associated error bars. Since acoustic data collected along transects likely has a degree of autocorrelation, block averages may not be appropriate; however, geostatistical interpolation methods, such as kriging, may offer an alternate solution for dealing with autocorrelated data. Kriging involves the additional step of fitting a semi-variogram equation to the data and then passing equation parameters to the interpolation software. Kriging results give detailed distribution plots of the stock and reduce the variance error estimate over that obtained by using block averages. We also introduced the idea that data should undergo a log-transformation prior to the semi-variogram modelling process in kriging to try to further reduce error uncertainties when comparing between data sets.

References

Foote, K.G. and Stefánsson G. 1993. Definition of the problem of estimating fish abundance over an area from acoustic line-transect measurements of density. ICES J. Mar. Sci. 50:369-381.

Heath, W.A. 1977. The ecology and harvesting of euphausiids in the Strait of Georgia. Ph.D. thesis. Univ. British Columbia. 187p.

Mackas, D.L. 1992. Seasonal cycle of zooplankton off southwestern British Columbia: 1979-89. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 49:903-921.

Mackas, D.L. and Moore, D.F. 1994. Net tow sampling of euphausiid populations in and near Jervis Inlet: 1990-1993. PSARC Working Paper I94-08.
Mauchline, J. 1980. The Biology of Mysids and Euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18:371-678.
Pickard, G.L. 1961. Oceanographic features of inlets in the British Columbia mainland coast. J. Fish. Res. Bd. Canada. 18:907-999.
Petitgas, P. 1993 Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. ICES J. Mar. Sci. 50:285-298.
Romaine, S.J., D.L. Mackas, and M.C. Macaulay. 2002. Comparison of euphausiid population size estimates obtained using replicated acoustic surveys of coastal inlets and block averages vs. geostatistical spatial interpolation methods. Fish. Oceanogr. 11(2):102-115.
Simard, Y., Legendre, P., Lavoie, G., and Marcotte, D. 1992. Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: case study of the northern shrimp (*Pandalus borealis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49:32-45.
Tanasichuk, R.W. 1998. Interannual variations in the population biology and productivity of the euphausiid Euphausia pacifica in Barkley Sound, Canada, with special reference to the 1992 and 1993 warm ocean years. Mar. Ecol. Prog. Ser. 178:163-180.

Résumé: En général, la répartition spatiale des euphausiacés (surtout *Euphausia pacifica*) à l'échelle locale est extrêmement contagieuse le long de la côte pacifique du Canada. On évalue souvent la répartition spatiale des euphausiacés et la taille de leurs stocks lors de relevés à l'échosondeur, mais sans bien connaître l'erreur statistique des résultats. Nous avons quantifié l'erreur associée à ces mesures en étudiant la répétabilité statistique d'estimations acoustiques de la biomasse totale des euphausiacés dans deux fjords donnant sur le détroit de Georgia, en Colombie-Britannique. Dans chaque fjord, des profils de rétrodiffusion ont été obtenus à intervalles rapprochés sur deux transects en zig-zag appariés symétriques. Nous calculons la biomasse d'euphausiacés par unité de surface par intégration verticale des profils, selon la biomasse d'euphausiacés observée dans certaines couches de rétrodiffusion échantillonnées directement (vérification sur le terrain). Nous estimons ensuite l'effectif total de la population dans chaque fjord en interpolant et en intégrant horizontalement les mesures obtenues, et ce, par deux méthodes, soit le calcul de moyennes par bloc et l'interpolation géostatistique (krigeage). Pour les relevés partiels (un seul des deux transects appariés), l'erreur multiplicative correspond à un facteur d'environ 1,5 pour le fjord Jervis et 1,7 pour le fjord Saanich. Le facteur d'erreur baisse respectivement à 1,35 et à 1,65 dans les deux fjords lorsqu'on utilise les relevés entiers (les deux moitiés des transects appariés). La méthode des moyennes par bloc et le krigeage donnent des précisions statistiques semblables, mais le krigeage procure aussi des données utiles sur la répartition des euphausiacés dans chacun des fjords. De plus, l'utilisation d'une routine de transformation logarithmique non biaisée lors de la procédure d'interpolation géostatistique réduit davantage l'erreur de l'estimation de la biomasse totale. Un relevé acoustique sur une étendue restreinte permet de quantifier l'erreur statistique et devrait être réalisé avant de planifier des relevés plus importants.

Introduction

Populations d'Euphausiacés en Colombie Britannique, Canada

Dans les eaux côtières et hauturières de la Colombie Britannique, les Euphausiacés représentent 10-25% de la biomasse et de la production secondaire estimées à l'aide de filets à plancton (Heath, 1977; Mackas, 1992; Tanasichuk, 1998). Leur impact sur le réseau alimentaire côtier et hauturier est d'autant plus important du fait qu'ils sont les proies préférées de plusieurs espèces de poissons, mammifères et oiseaux marins. De plus, *Euphausia pacifica* constitut depuis peu une importance économique dans le détroit de Georgia, puisqu'elle fait l'objet d'une pêche commerciale croissante (500 tonnes par année). Étant donné leur importance écologique dans le détroit, il y a un besoin pressant d'obtenir des informations fiables sur l'état des stocks d'Euphausiacés et leur variabilité spatiale, saisonnière et interannuelle, particulièrement dans les régions où la pêche commerciale et la prédation naturelle pourraient être en compétition. Euphausia pacifica entreprend une migration journalière très prononcée, se nourissant dans les eaux de surface durant la nuit et effectuant à l'aube une migration vers les eaux moins éclairées pour échapper aux prédateurs visuels durant le jour (Mauchline, 1980). Leur répartition

sur l'horizontale est également très fragmentée, une grande proportion de la biomasse totale étant souvent répartie dans une petite partie de l'habitat. Les Euphausiacés qui occupent le détroit de Georgia ont une taille moyenne de 16 mm et une longévité de 12-16 mois.

Évaluation de la population

L'hétérogénéité et la dynamique des répartitions spatiales et temporelles des Euphausiacés représentent un défi pour l'évaluation quantitative de leurs stocks. Notre objectif est d'évaluer la méthodologie utilisée lors de l'échantillonnage et de l'analyse des sondages acoustiques. Nous présentons des estimés de biomasse calculés à partir de sondages acoustiques ainsi que leurs incertitudes basées sur des méthodes indépendantes d'estimation des biomasses.
Les traditionels traits de filet offrent des informations détaillées à petite échelle sur l'abondance et la répartition des populations cibles. Toutefois, à l'échelle de l'habitat des Euphausiacés, il n'est pas certain que ces sondages soient représentatifs de l'état de la population lorsque celle-ci présente une distribution hétérogène. L'évitement des filets par les Euphausiacés entraine également un biais dans l'estimation des populations.

Comparativement aux traits de filet, les sondages acoustiques permettent une couverture spatiale plus complète, à peu de frais, et éliminent le biais relié à l'évitement des filets par les Euphausiacés. Les sondages acoustiques peuvent couvrir un large territoire en peu de temps et procurent des milliers de données de biomasse. Toutefois, afin de valider les sondages acoustiques, il est nécessaire d'effectuer quelques traits de filet dans les parcelles que l'on suppose représentatives de la population à l'étude.

Méthodes d'estimation des biomasses et de leur répartition

Nous comparons deux méthodes d'intégration et d'interpolation spatiale des données : la première ("moyennes par blocs") utilise une approche traditionelle qui assume l'indépendance des données et la seconde ("krigeage") utilise les valeurs d'autocorrelation des données. Dans le premier cas, l'aire d'étude est divisée en une ou plusieurs parcelles pour lesquelles la biomasse est estimée à partir de moyennes non-pondérées de toutes les données qu'elles comprennent. La biomasse totale pour l'aire d'étude est la somme des produits de la biomass et de l'aire des différentes parcelles.

Comparativement aux "moyennes par blocs", le "krigeage" permet de tracer des contours basés sur l'interpolation des données et ainsi d'estimer la répartition et l'intensité des stocks pour l'ensemble de l'aire d'étude. Bien que ce dernier peut être estimé à l'aide de simples fonctions d'interpolation, le "krigeage" est plus approprié lorsque les données sont autocorrelées puisque le poids d'une donnée sur la valeur interpolée est attribué à partir de semi-variogrammes plutot qu'à partir de l'inverse des distances. Afin de minimiser les erreurs associées au modèle des semi-variogrammes, nous avons transformé les données brutes avant de les introduire dans le modèle. Par la suite, les résultats générés par les semi-variogrammes sont retransformés puis utilisés pour l'interpolation.

Méthodes

Aire d'étude

Nous avons choisi deux enclaves qui donnent sur le Détroit de Georgia (Figure 1) mais dont la masse d'eau comporte peu d'échanges hydrographiques avec le Détroit. Les deux enclaves sont également reconnues pour l'abondance de *Euphausia pacifica* (Mackas and Moore 1994). Les données présentées ici proviennent d'un programme d'échantillonnage intensif mené dans ces deux enclaves en 1994-95. Le détail des différentes plateformes d'échantillonnage et des instruments acoustiques utilisés lors de ce programme cont présentés par Romaine *et al.* (2002).

L'enclave Saanich est situé sur la côte sud de l'ile de Vancouver, s'étend sur approximativement 24 km et s'élargi de son origine (500 m) vers son embouchure (5 km). L'enclave Jervis pénètre profondément dans

les terres et s'ouvre sur le Détroit de Malaspina puis le Détoit de Georgia (Figure 1). Elle s'étend sur 89 km, a une largeur moyenne de 3.1 km et une profondeur moyenne de 500 m (Pickard, 1961).

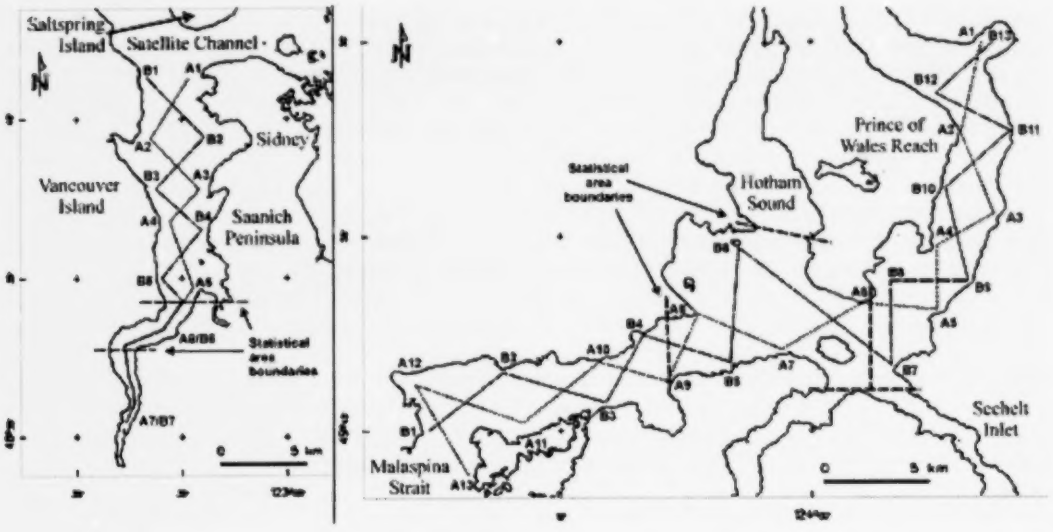


Figure 1. Gauche : Tracés en "Image miroir" A et B dans l'enclave Saanich. Notez qu'un seul transect a été effectué au sud de A5/B5. Droite : Tracés en "Image miroir" A et B dans l'enclave Jervis. Les limites des régions statistiques définissent les parcelles des moyennes par blocs (tiré de Romaine *et al.* 2002)

Plan d'échantillonnage

Dans le but d'optimiser la couverture spatiale en fonction du temps d'échantillonnage, nous avons optés pour un tracé en zig-zag. Les sondages ont été effectués durant le jour seulement afin d'éviter l'aggrégation des Euphausiacés à la surface durant la nuit. Le terme "sondage partiel" réfère à un seul des deux sondages pairés et le terme "sondage pairé" réfère au deux images mirroirs, i.e. A et B dans les deux enclaves (Figure 1). L'espacement entre les sondages partiels était le même dans les deux enclaves (environ 3-4 km), sauf en certains endroits où la topographie pésentait une abération marquée, e.g. un élargissement de l'enclave. L'utilisation de transects pré-déterminés permet d'optimiser la couverture spatiale des enclaves mais ne garantie pas que le sondage soit représentatif de population d'Euphausiacés.

Quantification de la réplicabilité des sondages et de la taille des stocks

L'incertitude sur les estimés de biomasse a été calculé à partir des données des sondages partiels et pairés. Pour une même enclave, chaque sondage partiel couvrait approximativement la même distance et récoltait approximantivement la même quantité d'information. La comparaison des incertitudes associées aux sondages partiels offre une mesure de l'accord entre ceux-ci. L'incertitude associée aux sondages pairés sera moindre étant donné que le calcul des biomasses comprend environ deux fois plus de données, mais en contre partie, ceux-ci prennent deux fois plus de temps à compléter lord de l'échantillonage.

Traitement des données et estimation de la biomasse

Nous avons utilisé deux méthodes d'estimation de la biomasse. Les "moyennes par blocs" ont été calculées à partir d'une mosaïque couvrant l'aire d'étude et dont les valeurs ont un poids égal. La

mosaïque ne couvre que l'aire d'étude où la bathymétrie est ≥100 m puisque durant le jour, lors des sondages, les Euphausiacés étaient répartis à des profondeurs ≥100 m. Nous présumons que les Euphausiacés n'étaient pas présents dans les sections où la bathymétrie est <100 m.

La seconde méthode utilise une fonction d'interpolation qui tient compte de la dépendance des données. La méthode géostatistique du "krigeage" attribue un poids différent à chaque donnée en tenant compte de leur autocorrelation spatiale. Les données acoustiques ont été transformées [$\log_{10}$(dryweight g•m^{-2}+1)] afin de forcer une distribution normale avant de générer les semi-variogrammes (voir Romaine *et al.* 2002). La transformation logarythmique est courramment utilisée dans les modèles en biologie. Toutefois, le calcul de moyennes à partir de données ainsi transformées introduit un biais lorsque les moyennes sont retransformées (Foote and Stefànsson, 1993). Par contre, sans une transformation logarythmique, il est difficile d'ajuster correctement un modèle aux semi-variogrammes (e.g. Simard *et al.* 1992; Petitgas, 1993). Bien que nous ayons utilisé les données transformées pour générer les semi-variogrammes, nous avons utilisé les données non-transformées pour les calculs d'interpolation.

Résultats et Discussion

La réplicabilité de nos estimés obtenus par sondage acoustique a été vérifiée de trois façons différentes : a) comparaison entre sondages partiels (A vs. B) pour chaque enclave; b) comparaison entre sondages pairés (A et B) pour des intervals de temps donnés dans chaque enclave; et c) comparaison des variances entre les méthodes des "moyennes par blocs" et du "krigeage".

Incertitude associée au plan d'échantillonnage

Il est raisonable de supposer que la biomasse des Euphausiacés dans les aires d'étude ait été constante mais que leur répartition spatiale ait variée au cours des sondages. Dans ce cas, notre plan d'échantillonnage permet, tout en optimisant la couverture spatiale vs. temps d'échantillonnage, de décrire exhaustivement la variabilité présente le long et en travers des enclaves. Le plan d'échantillonnage permet également de considérer les sondages partiels d'une même période d'échantillonnage (1 jour) comme des réplicats. De même, les sondages pairés pour chaque période d'échantillonnage (1 jour) sont utilisés afin de mesurer la fiabilité des estimés entre les différentes périodes. La répétition des sondages partiels et pairés permet également de mesurer la variance intra- et inter-sondages. L'utilisation d'un nombre accrus de données (par exemple en utilisant les sondages pairés plutot que partiels) offre une meilleure répitabilité mais représente un effort d'échantillonnage et d'analyse plus élevé.

Les "moyennes par blocs" sont calculées simplement en multipliant la valeur convertie en biomasse du sondage acoustique par l'aire correspondante. Cette méthode simple présume que toutes les données sont indépendantes, ce qui pose un problème lorsque les données sont autocorrelées. L'incertitude sur les estimés de biomasse est claculée à partir de la variance de l'ensemble des données et des moyennes par bloc. Par conséquent, un nombre accrus de données a pour effet de réduire l'incertitude.

Le "krigeage" offre davantage de détails concernant la répartition spatiale de la population puisque l'utilisateur défini lui-même une grille d'interpolation. L'incertitude liée au krigeage est la somme des variances calculées lors de l'interpolation. Lorsqu'un point échantillon est estimé selon l'étendue et l'anisotropie précisée dans l'équation de semi-variogramme, la variance de l'estimation est inférieure à celle du jeu de données brutes. Avec l'inclusion de nombreux points de données pour toute la région à l'étude, le krigeage précise davantage les distributions spatiales et donne des barres d'erreur plus petites pour l'estimation de biomasse que le calcul de moyennes par bloc.

Utilisation de transformations dans la modélisation par semi-variogramme

Pour toutes les interpolations par krigeage que nous présentons, nous avons effectué une transformation logarithmique des données brutes avant de modéliser les semi-variogrammes. Nous avons rétrotransformé les résultats des semi-variogrammes avant d'effectuer l'interpolation, mais pas les valeurs

de pourcentages de variabilité expliquée ou inexpliquée du jeu de données. Pour l'interpolation, nous avons transformé ces valeurs en pourcentages de la variance du jeu de données brutes en supposant que la variance brute s'approchait du seuil du semi-variogramme. Nous avons jugé que cette méthode de transformation permettrait de réduire davantage l'incertitude des biomasses estimées à partir de nos jeux de données. Romaine (en préparation) a observé que la transformation de données acoustiques échantillons avant la génération de semi-variogrammes permettait de réduire par un facteur d'environ cinq l'incertitude liée au processus d'ajustement du modèle de semi-variogramme.

Comparisons entre sous-transects

Nous avons comparé des données obtenues sur des sous-transects au cours de la même période de relevé. Grâce à une analyse de variance (ANOVA), nous avons calculé l'erreur quadratique moyenne (EQM) des estimations mensuelles de biomasse obtenues pour des sous-transects par calcul de moyennes par bloc ou par krigeage. Nous avons obtenu des estimations de la répétabilité à partir du résidu de l'EQM d'ANOVA à un critère de classification du $\log_{10}$ de la biomasse estimée, où les mois des relevés constituaient les « traitements » et les sous-transects, les « répétitions ». Le facteur de concordance était généralement inférieur à deux et souvent bien meilleur (voir les tableaux de données dans Romaine *et al.* [2002]).

Les comparaisons des sous-transects ont donné des barres d'erreur inférieures à deux erreurs-types : environ ± 46 % ou ×/÷ 52 % pour le fjord Jervis, et ± 63 % ou ×/÷ 73 % pour le fjord Saanich. La superficie totale couverte par le relevé dans le fjord Saanich représente environ le tiers de celle dans le fjord Jervis, et nous expliquons le fait que la variabilité estimée est plus basse pour le fjord Jervis par la quantité de données à peu près trois fois plus grande pour ce fjord (ou les barres d'erreur plus grandes attribuables à l'instabilité de l'échantillonnage d'une superficie moindre).

Comparaisons entre transects entiers

Nous avons à peu près doublé le nombre de données utilisées pour l'estimation de la biomasse afin de comparer des transects entiers (groupement des sous-transects symmétriques appariés A et B). Au total, cinq relevés dans le fjord Jervis et deux dans le fjord Saanich comportaient des transects entiers réalisés deux jours consécutifs. Pour cette comparaison, nous avons traité les transects entiers réalisés deux jours consécutifs comme des répétitions. Nous avons estimé la répétabilité à partir du résidu de l'EQM d'ANOVA à un critère de classification du $\log_{10}$ de la biomasse totale, où les mois des relevés constituaient les « traitements » et les jours, les « répétitions ». L'utilisation d'environ deux fois plus de données que pour l'analyse par sous-transects a permis d'accroître la stabilité des estimations de biomasse.

Les estimations faites pour le fjord Jervis avaient des barres d'erreurs d'environ ×/÷ 37 % pour le calcul des moyennes par bloc et d'environ ×/÷ 31 % pour le krigeage. L'utilisation d'environ deux fois plus de données a donc amélioré la précision des estimations obtenues à partir des moyennes par bloc d'environ 26 % et celles des résultats du krigeage, d'environ 42 %.

Les estimations faites pour le fjord Saanich avaient des barres d'erreurs d'environ ×/÷ 62 % pour le calcul des moyennes par bloc et d'environ ×/÷ 72 % pour le krigeage. L'utilisation d'environ deux fois plus de données a amélioré d'environ 11 % la précision des estimations par krigeage, mais de seulement 5 % la précision de celles obtenues à partir des moyennes par bloc. Nous attribuons cette faible réduction de l'incertitude des estimations à une agrégation d'euphausiacés qui s'est maintenue près du point de cheminement A2 (figure 1, à gauche) pendant toutes les périodes de relevés, ce qui a biaisé l'estimation de biomasse interpolée pour le sous-transect A.

Comparaisons des erreurs de variance des estimations obtenues par krigeage et par calcul de moyennes par bloc

Pour une période de relevé, nous avons calculé les erreurs liées aux estimations par interpolation. Nous avons calculé le nombre d'échantillons indépendants de tous les jeux de données brutes au moyen des équations de semi-variogramme. Bien que cela ait nécessité des étapes supplémentaires compliquées pour les calculs de moyennes par bloc, cela nous a permis de déterminer le nombre de degrés de liberté pour les estimations de la biomasse par cette méthode et de comparer ces valeurs aux erreurs de variance obtenues pour le krigeage. L'interpolation géostatistique utilise des données dépendantes pour déterminer la pondération des points voisins échantillonnés lors de l'estimation d'une donnée inconnue pour un point non échantillonné de la grille cartographique. En plus de l'estimation du point inconnu, nous avons aussi calculé l'erreur de variance pour ce point. Lorsqu'un point-échantillon est estimé selon l'étendue et l'anisotropie précisées dans l'équation de semi-variogramme, la variance de l'estimation du point est inférieure à la variance du jeu de données brutes. En comparant la somme des variances pour les estimations par moyennes de bloc et pour les estimations par krigeage, nous avons pu déterminer dans quelle mesure les erreurs des deuxièmes étaient « meilleures » que celles des premières.

Pour ce test, nous nous sommes servis des données du relevé de juin 1995 dans le fjord Jervis et nous avons comparé les variances des estimations par interpolation pour les transects individuels, les transects quotidiens entiers et un transect composé regroupant toutes les données recueillies pendant deux jours (tableau 1). Nous avons déterminé le nombre d'échantillons indépendants dans un jeu de données en utilisant les paramètres de l'équation de semi-variogramme (krigeage) afin de calculer les zones d'indépendance pour un jeu de données autocorrélées. Comme prévu, toutes les estimations obtenues par krigeage étaient plus précises (barres d'erreurs plus petites) que celles calculées à partir des moyennes par bloc, car le calcul des erreurs de ces dernières estimations ne tire pas profit de la relation de dépendance entre des points échantillons adjacents. En moyenne, les erreurs des estimations par krigeage étaient de 20 % inférieures aux variances du jeu de données brutes.

Tableau 1. Comparaison des erreurs des estimations par krigeage et des erreurs des estimations par moyennes de bloc pour le relevé effectué en juin 1995 dans le fjord Jervis (limites de confiance de 95 %). Nous nous sommes servis du nombre d'échantillons indépendants obtenu par les équations de semi-variogramme pour calculer les erreurs de variance pour les moyennes par bloc. En moyenne, les erreurs des estimations par krigeage étaient de 20 % inférieures à celles des estimations par calcul de moyennes par bloc.

Données de juin 1995 pour le fjord Jervis	Moyennes par bloc Erreur de variance (%)	Krigeage Erreur de variance (%)	Krigeage - réduction de l'erreur (%)
Sous-transect A, jour 1	31,0	23,8	23,2
Sous-transect B, jour 1	23,8	17,8	25,2
Sous-transect A, jour 2	17,2	16,5	4,1
Sous-transect B, jour 2	20,5	19,6	4,4
A et B combinés, jour 1	32,6	21,9	32,8
A et B combinés, jour 2	20,6	17,6	14,6
Composé : A et B, jours 1 et 2	24,2	18,9	21,9

Conclusions

Les relevés d'évaluation des stocks comportent toujours des compromis entre le temps-navire disponible, la couverture idéale et la précision des estimations. L'augmentation du nombre de données recueillies (comme nous l'avons montré avec les sous-transects et les transects entiers) permet de réduire l'erreur de la biomasse estimée peu importe la méthode d'interpolation utilisée. Des transects détaillés permettent aussi de déterminer les biais locaux de la structure de la population, lesquels peuvent ensuite servir à planifier des relevés futurs moins détaillés ou à modifier des transects existants pour prendre en compte des fluctuations locales de la population.

Nous avons comparé deux méthodes d'estimation de la biomasse dans nos zones d'étude. Reposant sur

l'hypothèse que les données d'échantillonnage sont indépendantes, le calcul de moyennes par bloc donne une estimation de la biomasse et des barres d'erreur connexes à partir de la moyenne et de l'écart-type. Comme les données acoustiques recueillies sur des transects sont vraisemblablement autocorrélées dans une certaine mesure, le calcul des moyennes par bloc ne convient peut-être pas. Par contre, des méthodes d'interpolation géostatistique, comme le krigeage, peuvent offrir une solution pour le traitement de données autocorrélées. Le krigeage comporte une étape supplémentaire qui consiste à ajuster aux données une équation de semi-variogramme, dont les paramètres sont ensuite entrés dans le logiciel d'interpolation. Les résultats du krigeage donnent des graphiques détaillés de la répartition d'un stock et une erreur de variance estimée inférieure à celle obtenue pour le calcul de moyennes par bloc. Nous avons également montré qu'il faut effectuer une transformation logarithmique des données avant l'étape de modélisation par semi-variogramme du krigeage afin de réduire davantage les erreurs lorsqu'on compare des jeux de données.

Références

Foote, K.G. and Stefánsson G. 1993. Definition of the problem of estimating fish abundance over an area from acoustic line-transect measurements of density. ICES J. Mar. Sci. 50:369-381.

Heath, W.A. 1977. The ecology and harvesting of euphausiids in the Strait of Georgia. Ph.D. thesis. Univ. British Columbia. 187p.

Mackas, D.L. 1992. Seasonal cycle of zooplankton off southwestern British Columbia: 1979-89. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 49:903-921.

Mackas, D.L. and Moore, D.F. 1994. Net tow sampling of euphausiid populations in and near Jervis Inlet: 1990-1993. PSARC Working Paper I94-08.

Mauchline, J. 1980. The Biology of Mysids and Euphausiids. Adv. Mar. Biol. 18:371-678.

Pickard, G.L. 1961. Oceanographic features of inlets in the British Columbia mainland coast. J. Fish. Res. Bd. Canada. 18:907-999.

Petitgas, P. 1993 Geostatistics for fish stock assessments: a review and an acoustic application. ICES J. Mar. Sci. 50:285-298.

Romaine, S.J., D.L. Mackas, and M.C. Macaulay. 2002. Comparison of euphausiid population size estimates obtained using replicated acoustic surveys of coastal inlets and block averages vs. geostatistical spatial interpolation methods. Fish. Oceanogr. 11(2):102-115.

Simard, Y., Legendre, P., Lavoie, G., and Marcotte, D. 1992. Mapping, estimating biomass, and optimizing sampling programs for spatially autocorrelated data: case study of the northern shrimp (*Pandalus borealis*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 49:32-45.

Tanasichuk, R.W. 1998. Interannual variations in the population biology and productivity of the euphausiid Euphausia pacifica in Barkley Sound, Canada, with special reference to the 1992 and 1993 warm ocean years. Mar. Ecol. Prog. Ser. 178:163-180.

Hydrography and ocean science in Marine Protected Areas: Lessons from Musquash/ Hydrographie et océanographie dans les zones de protection marine – leçons tirées de Musquash.

David Monahan, Doug Cartwright and Maria-Ines Buzeta, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Canadian Hydrographic Service, 615 Booth Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 992-0017 Fax: (613) 996-9053 E-mail: MonahanD@dfo-mpo.gc.ca *and* John Hughes Clark, University of New Brunswick, Ocean Mapping Group, Fredericton, New Brunswick / David Monahan, Doug Cartwright et Maria-Ines Buzeta, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Service hydrographique du Canada, 615, rue Booth, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 992-0017 Téléc. : (613) 996-9053 Courriel : MonahanD@dfo-mpo.gc.ca *et* John Hughes Clark, Université du Nouveau-Brunswick,Ocean Mapping Group, Fredericton (Noveau-Brunswick).

Abstract: The process of establishing a national system of Marine Protected Areas includes defining their boundaries. Although straight lines on maps offer some advantages, the fauna and habitat the MPA seeks to protect usually respond to natural boundaries that may be reflected in the sea floor or the water

column. A search for such boundaries in the Musquash Estuary was undertaken through multibeam, sidescan and single beam sonar bottom surveys and Acoustic Doppler Current Profiling. The proposed straight boundaries do not coincide well with natural geomorphic or sedimentological boundaries, nor to surficial habitat boundaries delineated using acoustic backscatter and bottom roughness. Boundaries in the water were more difficult to detect, because of the complex flushing patterns observed in and near the estuary mouth, but they do occur and do not coincide with the straight boundaries. Because of the non-coincidence of boundaries, it may be desirable to create a buffer zone around the MPA that could more closely reflect the spatial limits of the habitat and oceanographic regime of the species being conserved/protected. Hydrography and oceanography have a lot to offer to the MPA boundary determination process.

Introduction

The (Canada Oceans Act 1996) defines Marine Protected Areas (MPA) as *"An area of the sea that ... has been designated ... for special protection... for ... the conservation and protection of...commercial and non-commercial fishery resources, including marine mammals, and their habitats...endangered or threatened marine species, and their habitats...unique habitats...areas of high biodiversity or biological productivity...any other marine resource or habitat."* The Act authorizes the Minister to establish a *"national system of marine protected areas"*, and to make regulations that allow MPAs to be designated. Part of the designation process includes the delimitation of the boundaries that will circumscribe the MPA.

Boundary delimitation includes the stages of definition, delineation and demarcation (Nichols 1983). Definitions often refer to straight lines on the sea surface, joining features shown on charts or maps, enclosing an area or across the mouth of a bay. Although such lines may offer advantages for enforcement, they are not necessarily related to the natural fauna and habitat that the MPA is being created to protect. The fauna more likely choose their preferred habitat based on nutrients/food supply, availability of shelter and water conditions. Seafloor morphology, surficial sediments and oceanography create natural boundaries to these. Occasionally an element of seafloor morphology is used in regulatory boundary definition, for example a depth contour or thalweg, as is a water characteristic, for example "head of the tide".

In this work the relationship between defined boundaries and natural boundaries in the Musquash Estuary, are examined. The Musquash Estuary (Figure 1), located approximately 20 km west of Saint John, one of the last intact estuaries in the Bay of Fundy (Harvey 1998; Platt 1998) was identified as an Area of Interest (AOI) by DFO in February, 2000, as a step towards full MPA designation. The proposed boundary definition includes: the high water mark as the terrestrial margin; straight-line segments between terrestrial markers as the seaward limit; and the head of the tide as the inland limit. This study examines the seaward limit.

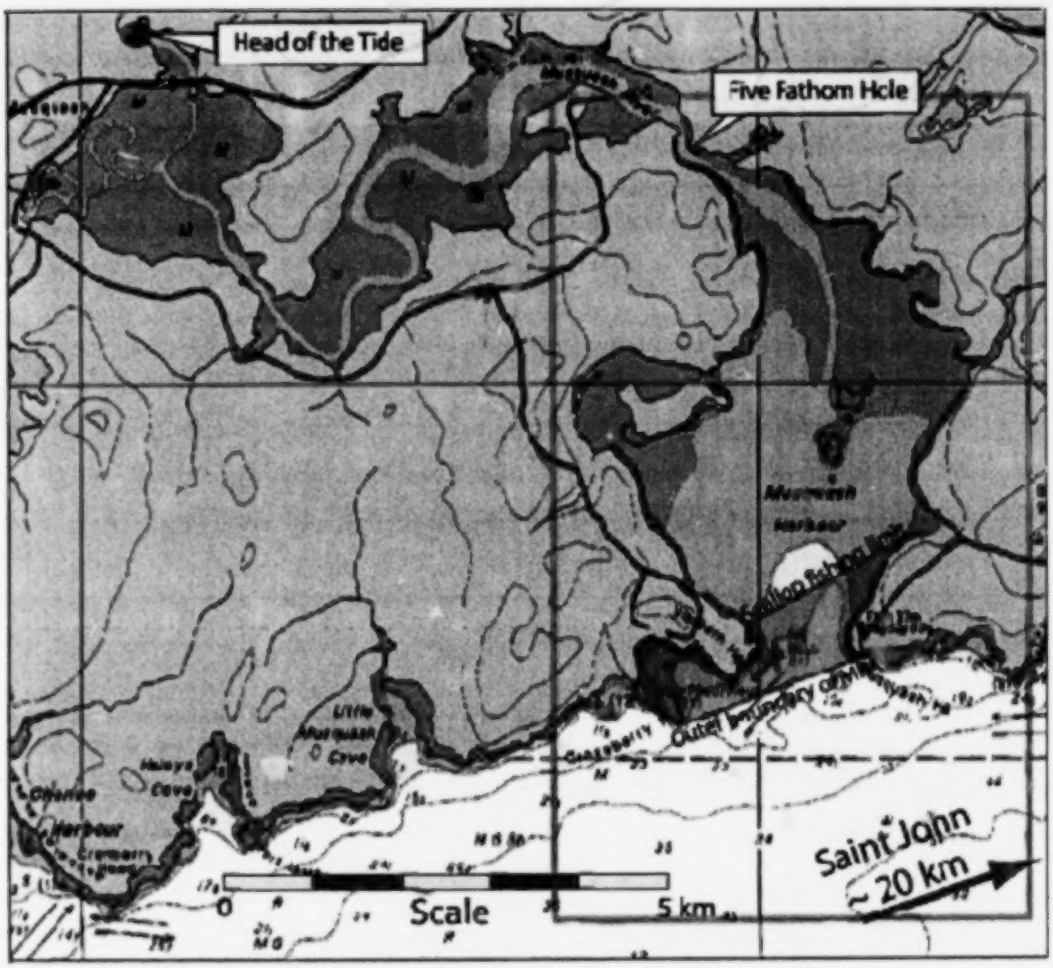


Figure 1. Musquash MPA extends from Outer Boundary line to Head of the Tide. (After Byrne 2002.)

Methods

To investigate possible natural boundaries on the sea floor, surficial sediment distribution and fine scale bathymetric relief were mapped, while an investigation of tidal current patterns over an entire tidal cycle sought natural boundaries within the water column.

Bottom mapping was accomplished using both sidescan and multibeam; UNB's research vessel Mary-0 deployed a Knudsen 200 kHz sidescan sonar for nine days, while a Simrad EM3000 multibeam sonar was mounted in CHL Plover for a further nine days. Both vessels were positioned using two DGPS services; Coast Guard and Landstar, with an approximate range resolution of 15 centimetres. Data processing was completed using Ocean Mapping Group software tools. Surveying times were centered around one of the two daily high tides (Byrne, Hughes Clarke et al. 2002).

Water column movements were mapped with an Acoustic Doppler Current Profile (ADCP), an instrument which measures the velocity and direction of water particles with reference to the seabed. Operating the instrument over a complete tidal cycle while steaming in a repetitive course designed to capture the significant current patterns lead to a mapping of the tidal current regime operating at the mouth of the Estuary. Positioning was the same as that used for the sidescan survey.

Results/ Discussion

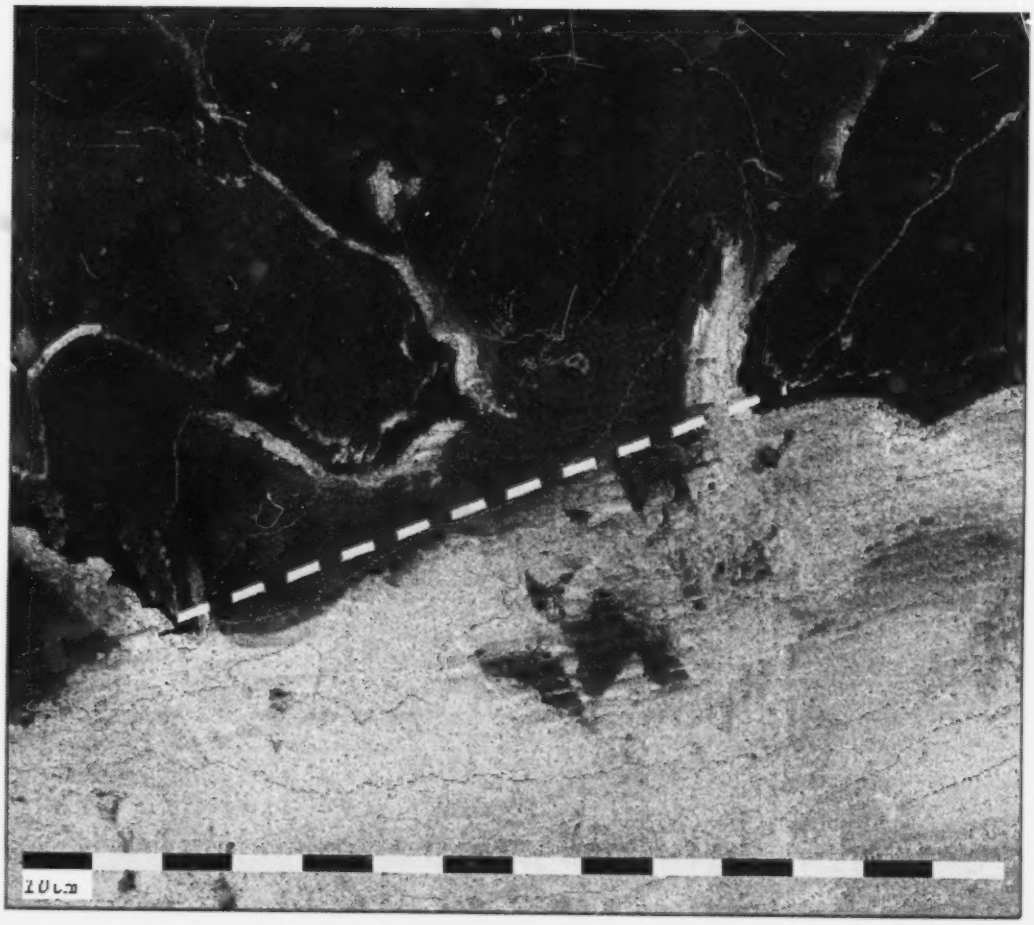


Figure 2. Acoustic backscatter from the floor of the estuary and adjoining Bay of Fundy. Light dashed line is outer boundary of MPA. Scale bar units are 100 m. (After Byrne 2002.)

Backscatter data from the multibeam are shown in Fig 2. In this images, the seafloor to the south (bottom of image) is much lighter, ie has a higher backscatter, than that to the north, which exhibits low backscatter. The division between the two corresponds fairly highly to the linear outer boundary of the MPA. However, this was the only strong correspondence apparent between the defined boundary and boundaries on the seafloor. From the collected data, contour maps, gradient (bottom stability) maps, critical change in gradient (2^{nd} derivative) maps and short wavelength bottom morphology (roughness) map were prepared. Although these maps agreed with the defined boundary for short sections, overall they showed only poor correlation with the defined boundary. Nevertheless, the change in backscatter is likely to reflect some change in benthic habitat, but further investigation is needed to confirm this.

The current patterns mapped show that water from outside the defined boundary enters the estuary in large volume each tidal cycle. From a preliminary analysis, most of the incoming water appears to enter from a zone close inshore in the Bay of Fundy, while water further offshore moves into and out of the Bay but does not enter the Estuary. It would therefore be reasonable to add a "buffer" zone whose boundary would include the waters of the Bay of Fundy that enter can Musquash, thereby more closely reflecting the

spatial limits of the habitat and oceanographic regime of the species being conserved/protected from material carried by the incoming waters.

Hydrography and oceanography have a lot to offer to the MPA boundary determination process.

References

Byrne, T., J. E. Hughes Clarke, et al. 2002. The Delineation of the Seaward Limits of a Coastal Marine Protected Area Using Non-Terrestrial (Seabed) Boundaries: The Musquash Estuary MPA. Canadian Hydrographic Conf, Toronto.

Byrne, T., Hughes Clarke, J.E. , Nichols, S. and Buzeta, M-I . 2002. The Delineation Of The Seaward Limits Of A Coastal Marine Protected Area Using Non-Terrestrial (Subsurface) Boundaries - The Musquash Estuary MPA. Canadian Hydrographic Conference 2002, Toronto.

Canada Oceans Act 1996. An Act respecting the oceans of Canada, 45 Elizabeth II, 1996, CHAPTER 31.

Harvey, J., Coon, D. and Abouchar, J. 1998. Habitat lost: taking the pulse of estuaries in the Canadian Gulf of Maine. Fredericton, New Brunswick., Conservation Council of New Brunswick.

Nichols, S. 1983. Tidal Boundary Delimitation, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, NB.: 202.

Platt, D. D. 1998. Rim of Gulf- restoring estuaries in the Gulf of Maine. Rockland, Maine., Island Institute.

Résumé: Pour établir un réseau national de zones de protection marines (ZPM), il faut, entre autres, déterminer les limites de ces zones. Bien qu'il soit relativement avantageux d'utiliser des lignes droites pour cartographier ces limites, la faune et l'habitat que la ZPM vise à protéger correspondent généralement à des limites naturelles que l'on peut déceler sur le fond marin ou dans la colonne d'eau. Nous avons entrepris de déterminer ces limites dans l'estuaire de la Musquash en effectuant des levés du fond marin avec des sonars à faisceaux multiples, à balayage latéral et à faisceau unique et en établissant des profils de courant à l'aide d'un profileur à effet Doppler. Les limites rectilignes proposées ne correspondent pas très bien aux limites naturelles géomorphologiques ou sédimentologiques, ni aux limites superficielles de l'habitat qui ont été établies d'après des données de rétrodiffusion acoustique et des données sur la rugosité du fond marin. Il a été plus difficile d'établir des limites dans l'eau, étant donné la complexité des déplacements d'eau à l'embouchure de l'estuaire et à proximité. Même si ces limites existent, elles ne coïncident pas avec les limites rectilignes. Puisque ces deux types de limites ne correspondent pas entre elles, il serait souhaitable d'entourer la ZPM d'une zone tampon reflétant davantage les limites spatiales de l'habitat et du régime océanographique des espèces à protéger. L'hydrographie et l'océanographie seront très utiles pour déterminer les limites des ZPM.

Introduction

La *Loi sur les océans du Canada* de 1996 définit une zone de protection marine (ZPM) comme étant « *un espace maritime qui [...] a été désigné [...] en vue d'une protection particulière pour [...] la conservation et la protection des ressources halieutiques, commerciales ou autres, y compris les mammifères marins, et de leur habitat [...] des espèces en voie de disparition et des espèces menacées, et de leur habitat [...] d'habitats uniques [...] d'espaces marins riches en biodiversité ou en productivité biologique [...] d'autres ressources ou habitats marins* ». La Loi permet au ministre d'établir un « *système national de zones de protection marines* » et de prendre un règlement pour désigner les ZPM. Le processus de désignation comprend la délimitation des ZPM.

La délimitation comprend la définition, la délimitation et la démarcation (Nichols, 1983). Les limites désignent souvent des lignes rectilignes à la surface de la mer qui relient des entités figurant sur des cartes, entourent une zone ou traversent l'embouchure d'une baie. Bien que de telles lignes soient plus faciles pour appliquer la réglementation, elles ne sont pas nécessairement reliées à la faune et à l'habitat naturel que la ZPM vise à protéger. La faune est plus susceptible de choisir son habitat préféré en fonction des conditions de l'eau et de la disponibilité d'éléments nutritifs, de nourriture et d'abris. La morphologie du fond marin, les sédiments superficiels et l'océanographie créent des frontières naturelles pour la faune. Il arrive parfois qu'un élément de la morphologie du fond marin, comme une isobathe ou un

talweg, ou une caractéristique de l'eau, comme la ligne extrême des eaux de marée, serve à l'établissement de limites réglementaires.

Dans cette étude, nous examinons la relation entre les limites définies et les limites naturelles dans l'estuaire de la Musquash (Figure 1). Situé à environ 20 km à l'ouest de Saint-Jean, cet estuaire est l'un des derniers estuaires encore intacts de la baie de Fundy (Harvey, 1998; Platt, 1998). En février 2000, le MPO l'a désigné comme étant un site d'intérêt, une première étape en vue de sa désignation à titre de ZPM. Les limites proposées comprennent les éléments suivants : la laisse de haute mer à titre de limite terrestre; des segments rectilignes entre les repères terrestres à titre de limite au large; la ligne extrême des eaux de marée à titre de limite intérieure. Dans cette étude, nous étudions la limite au large.

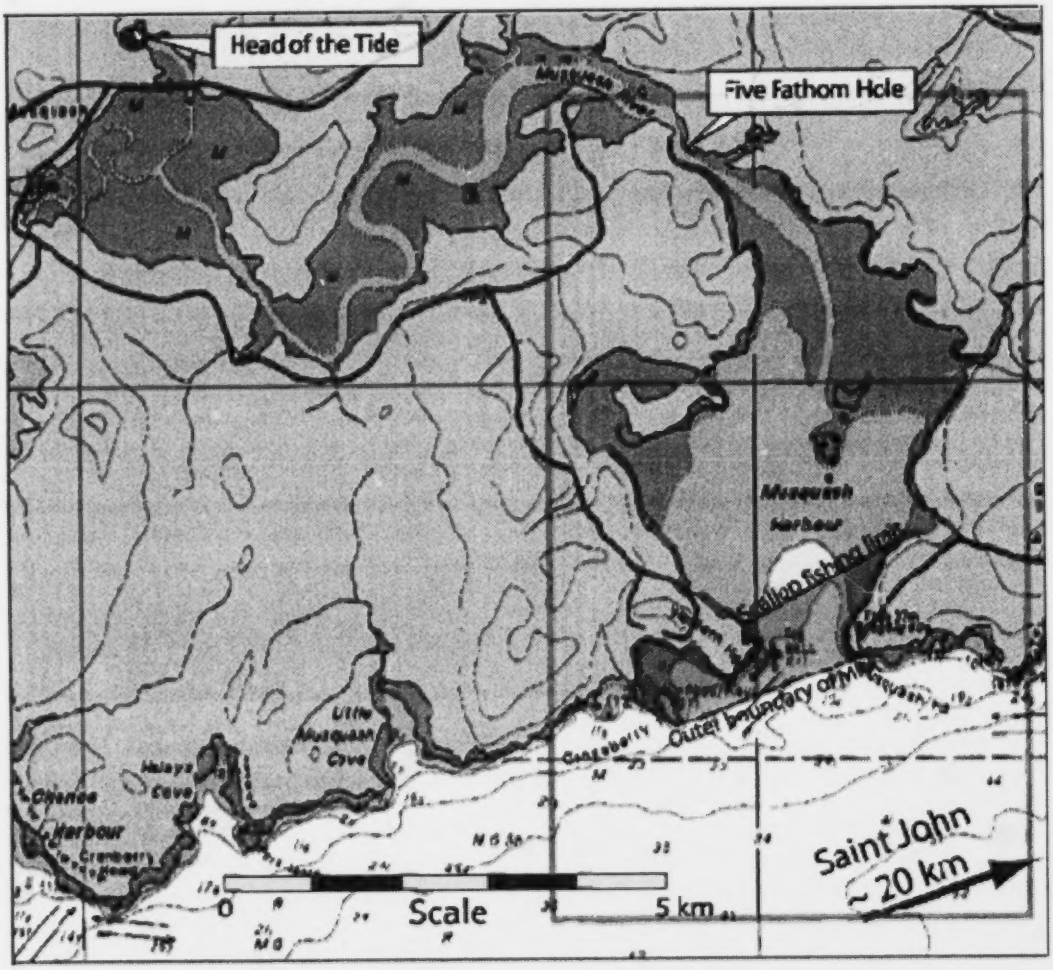


Figure 1. La ZPM de l'estuaire Musquash s'étend de la limite extérieure à la ligne extrême des eaux de marée (Byrne, 2002).

Méthodes

Nous avons cartographié la répartition des sédiments superficiels et le relief bathymétrique à échelle détaillée pour étudier les limites naturelles possibles sur le fond marin, et nous avons étudié la trajectoire

des courants de marée au cours d'un cycle de marée complet pour déterminer les limites naturelles dans la colonne d'eau.

Nous avons cartographié le fond marin avec des sonars à balayage latéral et à faisceaux multiples. Un sonar à balayage latéral Knudsen de 200 kHz installé sur le navire de recherche Mary-0 de l'Université du Nouveau-Brunswick et un sonar à faisceaux multiples Simrad EM3000 installé sur l'embarcation hydrographique « Plover » ont chacun été utilisés pendant neuf jours. Les deux navires se sont positionnés à l'aide de deux GPS différentiels, celui de la Garde côtière du Canada et le Landstar, avec un pouvoir séparateur radial d'environ 15 centimètres. Nous avons traité les données avec les outils logiciels du Ocean Mapping Group. Nous avons effectué les levés lors de l'une des deux marées hautes quotidiennes (Byrne, Hughes Clarke, et coll., 2002).

Nous avons établi les profils de courant dans la colonne d'eau à l'aide d'un profileur à effet Doppler, un instrument qui mesure la vélocité et la direction des particules d'eau par rapport au fond marin. L'utilisation de ce profileur durant un cycle de marée complet sur un même trajet répété, afin de déterminer les profils de courant importants, a permis de dresser la carte du régime des courants de marée à l'embouchure de l'estuaire. Le positionnement pour le profileur était le même que pour les levés au sonar à balayage latéral.

Figure 2 – Rétrodiffusion acoustique à partir du fond de l'estuaire et de la baie de Fundy. La ligne blanche pointillée correspond à la limite extérieure de la ZPM. Chaque unité de l'échelle graphique représente 100 m. (Byrne, 2002).

Résultats et discussion

Les données de rétrodiffusion acoustique obtenues avec le sonar à faisceaux multiples sont présentées à la figure 2. Sur cette image, le fond marin est plus pâle au sud (bas de l'image), c.-à-d. que la rétrodiffusion est plus élevée, qu'au nord. La division entre ces deux portions du fond marin correspond largement à la limite extérieure rectiligne de la ZPM. Elle constitue cependant la seule bonne correspondance entre la limite définie et les limites naturelles sur le fond marin. À partir des données recueillies, nous avons dressé des cartes bathymétriques, des cartes des pentes (stabilité du fond), des cartes des variations critiques des pentes (dérivée seconde) et une carte de la morphologie du fond marin (rugosité) déterminée par courtes longueurs d'onde. Bien que pour de petites zones ces cartes concordent avec la limite définie, elles sont, dans l'ensemble, peu corrélées avec cette limite. Néanmoins, les variations de la rétrodiffusion reflètent probablement des différences dans l'habitat benthique. Il est nécessaire de mener une étude plus approfondie avant de pouvoir confirmer cela.

Les profils de courants établis montrent que de grands volumes d'eau provenant de l'extérieur de la limite définie entrent dans l'estuaire à chaque cycle de marée. D'après une analyse préliminaire, la majorité de cette eau provient d'une zone située près de la côte dans la baie de Fundy, tandis que l'eau plus au large entre et sort de la baie sans pénétrer dans l'estuaire. Il serait donc souhaitable d'ajouter une zone tampon qui comprendrait les eaux de la baie de Fundy qui peuvent entrer dans l'estuaire Musquash. La ZPM correspondrait ainsi davantage aux limites spatiales de l'habitat et du régime océanographique des espèces à protéger, notamment contre une pollution éventuelle des eaux pénétrant dans l'estuaire.

L'hydrographie et l'océanographie seront très utiles pour déterminer les limites des ZPM.

Références

Byrne, T., J.E. Hughes Clarke, et coll., 2002. The Delineation of the Seaward Limits of a Coastal Marine Protected Area Using Non-Terrestrial (Seabed) Boundaries: The Musquash Estuary MPA. Canadian Hydrographic Conference, Toronto.

Byrne, T., J.E. Hughes Clarke, S. Nichols et M-I. Buzeta, 2002. The Delineation Of The Seaward Limits Of A Coastal Marine Protected Area Using Non-Terrestrial (Subsurface) Boundaries - The Musquash Estuary MPA. Canadian Hydrographic Conference 2002, Toronto.

Loi sur les océans du Canada (1996). 45 Elizabeth II, 1996, LOIS DU CANADA (1996) CHAPITRE 31.

Harvey, J., D. Coon et J. Abouchar, 1998. Habitat lost: taking the pulse of estuaries in the Canadian Gulf of Maine. Conservation Council of New Brunswick, Fredericton, New Brunswick.

Nichols, S., 1983. Tidal Boundary Delimitation. Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, Fredericton, NB. 202.

Platt, D. D., 1998. Rim of Gulf- restoring estuaries in the Gulf of Maine. Island Institute, Rockland, Maine.

The 2002 Federal Science and Technology Forum: Perspectives/ Le Forum de 2002 sur les sciences et la technologie du gouvernement federal : perspectives.

William Doubleday, Environment Canada, 10 Wellington Street, Room 213, Hull, Quebec K1A 0H3 Tel.: (819) 994-1185 Fax: (819) 953-6897 E-mail: William.Doubleday@ec.gc.ca / William Doubleday, Environnement Canada, 10, rue Wellington, Salle 213, Hull (Québec) K1A 0H3 Tél. : (819) 994-1185 Téléc. : (819) 953-6897 Courriel : William.Doubleday@ec.gc.ca

Abstract: Federal science and technology is part of a changing world. The pace of innovation is accelerating worldwide. The science content of policy issues is increasing and issues are increasingly horizontal, crossing departmental boundaries. The size and capability of university and private sector research in Canada has grown and will likely continue to grow in coming years.

What should the role of federal scientists be in the coming decade and how should federal science be conducted in future in this changing context? A shared vision will help the federal S&T community orient itself to move forward. The Federal Science and Technology Forum engaged over 350 people from across the public service and from outside the federal government in a dialogue on a vision for the future of federal science. The Forum invited participants (38 from DFO) to propose elements of a new shared vision and to identify concrete actions to achieve these elements. Participants responded to the invitation with passionate intensity and an outpouring of ideas. The results of the Forum will be presented.

Résumé: Les sciences et la technologie du gouvernement fédéral font partie intégrante d'un monde en évolution, monde témoin de l'accroissement du rythme de l'innovation. Les enjeux stratégiques comportent de plus en plus un volet scientifique et traversent les limites des ministères, présentant ainsi un profil toujours plus horizontal. L'ampleur et la capacité de recherche des universités et du secteur privé ont augmenté au Canada, et tout porte à croire que cette croissance se poursuivra au cours des prochaines années.

Quel rôle devraient donc jouer les scientifiques fédéraux dans la prochaine décennie, et quelle orientation le gouvernement devrait-il prendre dans un contexte scientifique en constante évolution? Une vision commune saura aider la collectivité fédérale des sciences et technologie à progresser. Le Forum sur les sciences et la technologie a permis à plus de 350 personnes du secteur public et d'ailleurs de participer à une discussion sur la création d'une vision fédérale sur l'avenir des sciences dans l'administration fédérale. Les responsables du Forum ont ainsi invité des participants (dont 38 du MPO) à formuler des propositions sur cette vision commune et à déterminer des mesures visant à la concrétiser. Les participants ont répondu à l'invitation avec passion, ce qui a donné lieu à une véritable explosion d'idées. Les résultats seront communiqués ultérieurement.

Session/ Séance 3 : Advances in freshwater fisheries and habitat science research/ Progrès dans les recherches scientifiques sur les pêches et l'habitat en eau douce

Bob Randall, Central and Arctic Region/ Région du Centre et de l'Arctique

Preamble

By design, the presentations in the freshwater session were wide-ranging in terms of subject matter and geography. With the linkage between fisheries and habitat science, the intent was to include a wide spectrum of talks from the central and coastal regions that exemplified advances in applied research. The seventeen presentations fell into the three sub-themes of biodiversity, habitat science and ecotoxicology. All sub-themes were consistent in investigating biotic and abiotic stressors on freshwater fishes, and all addressed timely research priorities in the freshwaters of Canada.

Freshwater biodiversity was addressed, directly or indirectly, in five presentations, starting with an overview (Nick Mandrak), and followed by specific projects on species-at-risk in the Great Lakes basin. The talks covered both fish (lamprey, and a variety of teleost species from the Syndenham River; Fraser Neave and Shawn Staton, respectively) and an important prey (*Diporeia*) that is disappearing from the Great Lakes (Ron Dermott). The final presentation was on risk assessment of freshwater fishes across Canada (Ken Minns), and by addressing the complexity of multiple stressors, it provided a nice lead-in to the discussion panel on ecosystem-based management that followed this sub-theme session. In addition to the oral presentations, four posters discussed environmental stressors that affect freshwater biodiversity (Trudie Forbes, Nick Mandrak, Art Niimi and John Whitelaw).

Habitat research has increased in the scientific literature in recent years, and the nine presentations in this sub-theme indicated some of the priority issues that are being investigated in freshwater. Methods for investigating the impact of habitat alteration on fishes include experimental (Tom Pratt), adaptive management (Mike Bradford), and spatially-explicit model and field approaches (Susan Doka; Keith Clarke *et al.*). All of these approaches are innovative. The research is useful to both habitat and fisheries managers as it addresses the capacity of fish habitats to sustain fish production (presentations, Topic 2). Factors affecting the productive capacity of fish habitat remains a priority research issue of Environmental Science (Mike Stoneman). The talks showed that the influence of habitat can be understood best if the studies are undertaken at an appropriate spatial scale that includes whole populations and whole systems. Several posters with a freshwater habitat theme provided complementary and supplemental information to the presentations.

The final theme of ecotoxicology was a reminder that water quality and contaminants continue to be a paramount issue in freshwaters, as chemicals impact both fish (Tom Johnston and Chris Baron *et al.*) and their prey (Alex Salki). Three posters further addressed the linkage between chemicals in the water and fish (Robert Evans *et al.*, Liisa Peramaki and Gregg Tomy *et al.*).

The diversity of topics and range in geographic locations was a strength of Session 3. Contrast is always instructive. Despite the diversity of freshwater habitats, inter-regional and collaborative research will likely increase in future because the science issues are often trans-boundary. The contribution from young staff in DFO was apparent in all three sub-themes. Thus the primary objective of the workshop, to facilitate communication among new and experienced staff from the different Regions of DFO, was fulfilled.

Préambule:

Comme prévu, les présentations faites lors de la séance sur les eaux douces étaient très variées sur les plans thématique et géographique. Le lien entre les pêches et la science de l'habitat visait à inclure un large éventail de présentations des Régions centrales et côtières sur des exemples de progrès accomplis en recherche appliquée. Réparties sous les rubriques biodiversité, science de l'habitat et écotoxicologie,

les dix-sept présentations ont toutes porté sur l'étude de facteurs biotiques ou abiotiques d'agression de poissons d'eau douce et répondu à des priorités de recherche sur les eaux douces du Canada.

Cinq présentations ont abordé directement ou indirectement la biodiversité des eaux douces; la première, un survol du domaine fait par Nick Mandrak, a été suivie par des exposés de projets précis sur des espèces en péril dans le bassin des Grands Lacs, soit la lamproie (Fraser Neave), divers poissons téléostiens de la rivière Syndenham (Shawn Staton) et *Diporeia*, une importante proie des poissons qui disparaît des Grands Lacs (Ron Dermott). La dernière présentation a porté sur l'évaluation des risques qui pèsent sur les poissons d'eau douce du Canada (Ken Minns). En abordant la complexité des agents d'agression multiples, cet exposé a constitué une bonne introduction à la discussion en groupe sur la gestion écosystémique qui a suivi la séance. En plus des communications orales, quatre affiches (celles deTrudie Forbes, Nick Mandrak, Art Niimi et John Whitelaw) ont porté sur les agresseurs environnementaux qui nuisent à biodiversité des eaux douces.

Les recherches publiées sur l'habitat se sont multipliées ces dernières années, et les neuf présentations sur ce thème ont abordé certaines des questions prioritaires liées aux eaux douces. Ainsi, les méthodes d'étude des incidences des perturbations de l'habitat sur les poissons comprennent des expériences (Tom Pratt), la gestion adaptée (Mike Bradford) ainsi que des des modèles spatialement explicites et des approches axées sur le terrain (Susan Doka et Keith Clarke *et al.*). Il s'agit toutes d'approches novatrices. La recherche est utile pour les gestionnaires de l'habitat ou des pêches, car elle peut préciser la capacité des habitats à soutenir la production du poisson (voir les présentations, Thème 2). Les facteurs qui influent sur la capacité de production de l'habitat du poisson constituent toujours un thème de recherche prioritaire de la Direction des sciences de l'environnement (Mike Stoneman). Les discussions ont montré que, pour bien comprendre l'influence de l'habitat, il faut réaliser les études à une échelle spatiale suffisante, qui couvre des populations et écosystèmes entiers. Plusieurs affiches sur des habitats d'eau douce ont présenté de l'information complémentaire aux présentations orales.

Le dernier thème, soit l'écotoxicologie, a rappelé aux participants que la qualité de l'eau et les contaminants constituent toujours un enjeu primordial en eau douce, car les produits chimiques y nuisent aux poissons (Tom Johnston et Chris Baron *et al.*) et à leurs proies (Alex Salki). Trois affiches ont également abordé les liens entre des produits chimiques présents dans l'eau et le poisson (Robert Evans *et al.*, Liisa Peramaki et Gregg Tomy *et al.*).

La diversité des sujets et des lieux d'étude ont constitué un point fort de la troisième séance. Les contrastes sont toujours instructifs. Malgré la diversité des habitats d'eau douce, les recherches concertées et inter-régionales se multiplieront sans doute à l'avenir, car les enjeux scientifiques ne connaissent pas les frontières administratives. L'apport des jeunes employés du MPO était évident pour les trois thèmes de la séance : ainsi, l'objectif principal de l'atelier, qui était de faciliter la communication entre employés nouveaux et chevronnés des différentes Régions du MPO, a été atteint.

Session/ Séance 3 : Advances in freshwater fisheries and habitat science research/ Progrès dans les recherches scientifiques sur les pêches et l'habitat en eau douce

Topic/ Thème 1 : Freshwater Biodiversity/ Biodiversité des eaux douces

Current research on fish species at risk in the Great Lakes basin/ Recherches en cours sur les espèces de poisson en péril dans le bassin des Grands Lacs.

Nicholas E. Mandrak, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4842 Fax: (905) 336-6437 E-mail: MandrakN@dfo-mpo.gc.ca / Nicholas E. Mandrak, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4842 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : MandrakN@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: There are 29 species, 2 subspecies, and 2 populations of fishes in the Great Lakes basin that have been assigned a conservation status by COSEWIC. As these species are generally rare, their distribution, abundance and biology are poorly understood. This information is essential to all aspects of recovery activities related to the *Species at Risk Act* (SARA), from developing recovery strategies to the implementation of recovery action plans. During the summer of 2002, we initiated eight projects that investigate various aspects of fish species at risk (SAR). Several projects assess current distribution and abundance (e.g. spotted gar, ciscoes), several examine limiting factors (e.g., Sydenham River, Point Pelee), several identify genetic population structure (redhorses, deepwater sculpin), and one evaluates taxonomic status (native lampreys). The need for this and other (e.g. critical habitat) research will be ongoing for existing fish SAR, and for new fish SAR to be unlisted in, or added to, the COSEWIC list (and eventually listed by SARA). Therefore, science is critical to the successful implementation of SARA, and to our ultimate goal of protecting and conserving rare species.

Résumé: Le COSEPAC a assigné un statut de conservation à 29 espèces, 2 sous-espèces et 2 populations de poisson du bassin des Grands Lacs. Comme ces poissons sont généralement rares, leur distribution, leur abondance et leur biologie sont mal connues. Mais ces renseignements sont essentiels à tous les aspects des activités de rétablissement menées au titre de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP), à partir de l'élaboration de stratégies de rétablissement jusqu'à la mise en oeuvre de plans d'action visant le rétablissement. Au cours de l'été 2002, nous avons entrepris huit projets d'étude de divers aspects de la biologie de ces espèces. Plusieurs visent à évaluer leur distribution et leur abondance actuelles (p. ex., lépisosté tacheté, ciscos), d'autres à examiner les facteurs limitants (p. ex., rivière Sydenham, Pointe Pelée), certains à identifier la structure génétique de leurs populations (suceurs, chabot de profondeur) et un à évaluer leur taxinomie (lamproies indigènes). Il faudra continuer à mener ce genre de recherches et d'autres (p. ex., sur les habitats essentiels) sur les espèces de poisson en péril à l'heure actuelle et à l'avenir afin qu'elles soient ajoutées à la liste du COSEPAC (et éventuellement inscrite à la LEP), ou radiées de celle-ci. Les recherches scientifiques sont donc essentielles à la mise en oeuvre fructueuse de la LEP et à notre but ultime de protéger et de conserver les espèces rares.

Developing a key for indigenous larval lampreys of the Great Lakes using genetics, digital imaging, and morphometrics/ Établissement d'une clé pour les larves de lamproies indigènes des Grands Lacs reposant sur la génétique, l'imagerie numérique et la morphométrie.

Margaret Docker, Great Lakes Institute for Enironmental Research, University of Windsor, 401 Sunset Ave., Windsor, Ontario, N9B 3P4 *and* Fraser Neave, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Sea Lamprey Control Centre, 1 Canal Drive, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 6W4 Tel.: (705) 941-2088 Fax:: (705) 941-3025 E-mail:

NeaveF@dfo-mpo.gc.ca, *and* Nicholas Mandrak, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4842 Fax: (905) 336-6437 E-mail: MandrakN@dfo-mpo.gc.ca/ Margaret Docker, Great Lakes Institute for Enironmental Research, Université de Windsor, 401 Sunset Ave., Windsor (Ontario) N9B 3P4 *et* Fraser Neave, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Centre de contrôle de lamproie de mer, 1, promenade du Canal, Sault Ste-Marie (Ontario) P6A 6W4 Tél. : (705) 941-2088 Téléc. : (705) 941-3025 Courriel : NeaveF@dfo-mpo.gc.ca *et* Nicholas Mandrak, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4842 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : MandrakN@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: There are three species of *Ichthyomyzon* lampreys in the Great Lakes: the Silver lamprey (*I. unicuspis*), Northern Brook lamprey (*I. fossor*), and Chestnut lamprey (*I. castaneus*). Existing keys are conflicting regarding the differentiation of larval Silver and Northern Brook lampreys, and this may be attributed to misidentification of the individuals used to establish the keys. This study aims to 1) develop genetic markers using adults of the different species; 2) apply these markers to determine species of individuals from Great Lakes tributaries; and 3) create a new key using morphological and pigmentation differences derived from digital images from these specimens. Preliminary results of the study are presented. Early genetics work reveals difficulty in establishing PCR-based assays for identifying interspecies differences. Alternate strategies are proposed.

Résumé: Trois espèces de lamproie du genre *Ichthyomyzon* sont retrouvées dans les Grands Lacs : la lamproie argentée (*I. unicuspis*), la lamproie du Nord (*I. fossor*) et la lamproie brune (*I. castaneus*). Les clés existantes se contredisent quant aux différences entre les larves de lamproie argentée et de lamproie du Nord, ce qui peut être imputable à l'identification erronée des spécimens utilisés pour créer les clés. La présente étude vise les objectifs suivants : 1) identifier des marqueurs génétiques chez les adultes des différentes espèces; 2) utiliser ces marqueurs pour identifier les espèces auxquelles appartiennent les lamproies retrouvées dans les affluents des Grands Lacs et 3) créer une nouvelle clé reposant sur les différences morphologiques et pigmentaires établies d'après des images numériques de ces spécimens. Nous présentons ici les résultats préliminaires de l'étude. Les premiers travaux génétiques ont révélé qu'il est difficile de faire des bioanalyses par réaction en chaîne de la polymérase pour établir les différences entre les espèces. Nous proposons aussi d'autres stratégies.

The role of science in recovery planning for aquatic species at risk: The Sydenham River/ Le rôle des sciences dans la planification du rétablissement des espèces aquatiques en péril : la rivière Sydenham.

Shawn K. Staton, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4864 Fax: (905) 336-6437 E-mail: StatonS@dfo-mpo.gc.ca / Shawn K. Staton, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4864 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : StatonS@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Sydenham River in southwestern Ontario supports an incredible diversity of aquatic species. This watershed supports the greatest diversity of freshwater mussels in all of Canada (34 species) and 82 species of fish have been found here. Many of these fish and mussels are rare and 14 species (5 mussels, 8 fish and one turtle) in the Sydenham River have been listed by COSEWIC as endangered, threatened, or of special concern. Some of these species are found nowhere else in Canada and remain at only a few locations across North America. The Sydenham River watershed is of global significance to the conservation of these species.

Science plays a central role in recovery planning for aquatic species at risk. This presentation will illustrate how the Sydenham River Recovery Team assembled the science necessary to develop a recovery strategy for the watershed using an ecosystem approach. Information on land use patterns,

water quality, fluvial geomorphology, and the distributions of aquatic species at risk was synthesized to gain an understanding of the overall health of the river and the major anthropogenic stresses. Key recovery strategies and recovery actions related to research and stewardship activities will be highlighted.

Résumé: La rivière Sydenham, située dans le sud-ouest de l'Ontario, héberge une diversité incroyable d'espèces aquatiques. Ce bassin versant abrite le plus grand nombre d'espèces de moules d'eau douce à l'échelle du Canada (34 espèces), et 82 espèces de poisson y ont été capturées. Un grand nombre de ces poissons et moules d'eau douce sont rares, et le COSEPAC a inscrit 14 espèces de la Sydenham (cinq moules, huit poissons et une tortue) à ses listes d'espèces en danger de disparition, menacées ou d'intérêt spécial. Certaines d'entre elles ne sont retrouvées nulle part ailleurs au Canada et ne sont plus retrouvées qu'à quelques endroits en Amérique du Nord. Au plan mondial, le bassin versant de la rivière Sydenham joue un rôle très important dans la conservation de ces espèces.

Les sciences jouent un rôle clé dans la planification du rétablissement d'espèces aquatiques en péril. Cette présentation vise à montrer comment l'équipe chargée du rétablissement de la rivière Sydenham a rassemblé les données scientifiques requises pour élaborer une stratégie de rétablissement pour le bassin versant en utilisant une approche axée sur l'écosystème. Les renseignements sur les régimes d'utilisation du sol, la qualité de l'eau, la géomorphologie fluviale et la distribution des espèces aquatiques en péril ont été mises en rapport afin d'établir l'état de santé général de la rivière et les principaux stress anthropiques dont elle l'objet. Les principales stratégies et mesures de rétablissement liées aux activités de recherche et de gérance sont aussi mises en lumière.

Disappearance of the amphipod *Diporeia* from the lower Great Lakes: Investigating causes/ Disparition de l'amphipode *Diporeia* des Grands Lacs inférieurs : examen des causes.

R. Dermott, M. Munawar, R. Bonnell and S. Carou, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4868 Fax: (905) 336-6437 E-mail: DermottR@dfo-mpo.gc.ca / R. Dermott, M. Munawar, R. Bonnell et S. Carou, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4868 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : DermottR@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The deepwater amphipod *Diporeia hoyi* has disappeared from Lake Erie and much of Lake Ontario at depths above 80 m, as well as in large areas of Lake Michigan and Huron. This amphipod had comprised up to 80% of the benthic biomass, and was an important food resource supplying over 20 % of the fisheries energy budget. The Great Lakes community has changed following the arrival of the exotic mussels *Dreissena polymorpha and D. bugensis* which dominate the inshore benthos of the lakes. DFO is investigating possible causes for the loss of *Diporeia* including presence of zebra mussels and possible sediment toxicity. We examined amphipod abundance in several lakes near the Great Lakes with or without *Dreissena* to determine if the disappearance is only associated with the mussels or is a regional occurrence. We also examined sediment chemistry, bacterial production and conducted bioassays using *Diporeia*, *Hyalella* and Microtox. *Diporeia* remains present in lakes lacking *Dreissena*, however *Diporeia* were still common in lakes having zebra mussels but which lacked extensive agricultural drainage. The Microtox test showed no toxicity in sediments previously inhabited by the amphipods. *Hyalella* and *Diporeia* responded slightly differently to test sediments, and mussel pseudofaeces. Sediment from sites with dense *Dreissena bugensis* populations had lower *Diporeia* survival, yet survival and growth of both *Diporeia and Hyalella* was greatest in sediment that rapidly lost its *Diporeia* population in 1993. Presence of mussel pseudofaeces reduced survival slightly, but not enough to eliminate *Diporeia*. A possible disease-like mortality was found in 2001 but not isolated in experiments of 2002. The cause of the reduced survival has not yet been identified.

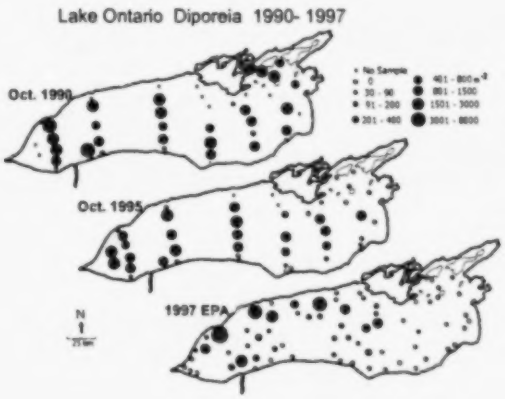
Introduction

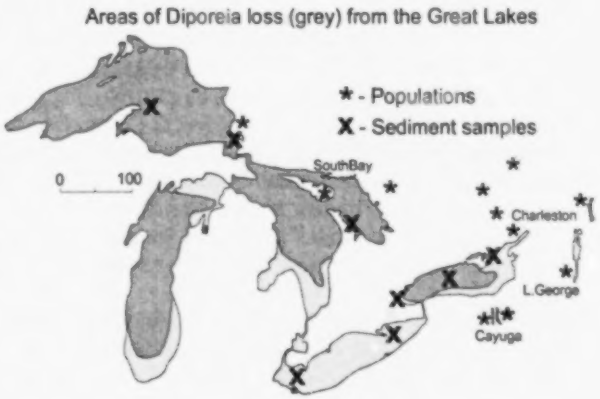
The amphipod *Diporeia* spp., formerly *Pontoporeia affinis*, is often the dominant benthic invertebrate in the Great Lakes, and in large boreal lakes of glaciated North America (Dadswell 1974). The species burrows in mud at temperatures < 14 °C, and is associated with lake trout and whitefish. Their range is from the Mackenzie River Delta eastward on the Canadian Shield to James Bay, including Lake Winnipeg, the Great Lakes, Lake Champlain, and deeper lakes in Quebec that were once connected to the glacial Champlain Sea in the St. Lawrence valley. The related, *Monoporeia affinis* and *Pontoporeia femorata* are common in nearshore areas of the Beaufort Sea, Ungava Bay, and parts of the Gulf of St. Lawrence. These last two species are also key elements of the Baltic benthos (Elmgren *et al.* 1990).

Populations in the Great Lakes take 2 years to grow to 6-9 mm length. *Diporeia* form 60 to 80 % of the benthic biomass in the offshore parts of the Great Lakes with maximum densities (up to 15,000/ m^2) occurring in the 30 to 60 m depth zone, where dry biomass can be 1 to 3 g/m^2. High lipid levels to 50 % of their dry weight and their high assimilation of deposited algae make *Diporeia* an important link between the spring diatom blooms and the fish communities (McDonald *et al.* 1990). A large part of the energy flow in the Great Lakes passes through *Diporeia* (Flint 1986). This amphipod is a major food for whitefish, juvenile salmon and trout, and the forage fish alewife, smelt, and sculpins.

Zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) became established in the Great Lakes in the 1990's, with *D. bugensis* colonizing in deeper parts (down to 60-80 m) of lakes Erie and Ontario (Mills *et al.* 1993). Filtering by nearshore mussels have increased water clarity, changed benthic populations and food-webs (Nalepa and Fahnenstiel 1995, Steward *et al.* 1998).

DFO's Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Science was the first to reveal the disappearance of *Diporeia* in eastern Lake Erie beginning in 1992, and their rapid extirpation in the lower Bay of Quinte and progressive disappearance in eastern Lake Ontario from depths < 60 m between 1993 and 1995. Cancelation of the Biomonitoring Project and use of CSS *Lauzier* prevented monitoring after 1995. The only recent data from Lake Ontario is from the US Environmental Protection Agency cruises on the *Lake Guardian* (Loranzo et al. 2001). Since 1993, *Diporeia* spp. have declined in all the lakes except Lake Superior. This species has disappeared from suitable habitats < 70 m in Lake Erie, Ontario, and southern Lake Huron. In Lake Michigan the decline moved along the east shore between 1992 and 1999, with by a rapid decline occurring at the north end of the lake in 2000 (Dermott 2001, Nalepa *et al.* 1998).





Proposed causes for the loss of *Diporeia* are : reduced algae as food; increasing fish predation; toxic sediments due to changing contaminant cycling; competition by zebra mussels for algae; and food or toxic excretions or associated disease from the mussels. Between 1981 and 1995, there were significant reductions in phosphorus levels, algal biomass and chlorophyll in eastern Lake Ontario but not in mid lake (Johannsson *et al.* 1998). However, the 40 % reduction in algae is not sufficient to account for the

disappearance of *Diporeia* from eastern Lake Ontario (Johannsson *et al.* 1998). Another possible cause for the decline is the presence of biological toxicants or pathogens associated with the exotic *Dreissena*, or the large quantities of pseudofaeces deposited by the mussels. This material can be transported offshore to the *Diporeia* populations.

Project Objectives

The project objectives were to examine the following questions:

- Is there evidence of reduced food availability which could account for the decline of the *Diporeia* populations?
- Is there competition between zebra mussels and *Diporeia* for food or exclusion of the amphipod in the presence of the mussels?
- Are *Diporeia* densities also decreasing in regional lakes with and without zebra mussels?
- Are Great Lakes sediments that have lost their *Diporeia* populations now toxic to the two amphipods *Diporeia* and *Hyalella*?
- Is there toxicity of zebra mussel pseudofaeces and excretions to the amphipods?

Methods

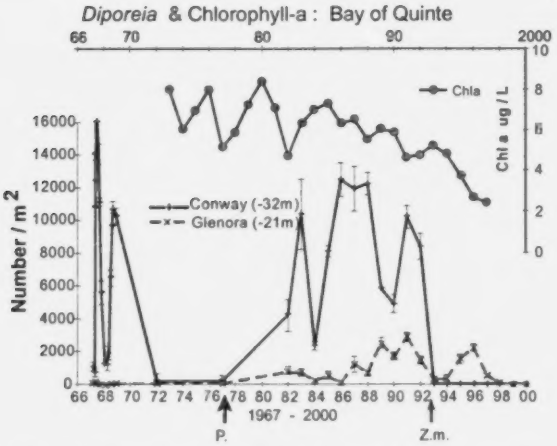
Sediments collected in spring and autumn at sites > 30 m depth were stored at 5°C until use. Microtox is a rapid response assay for testing toxicity. The Microtox liquid phase acute toxicity assay was conducted by using pore water extracted from sediment by centrifuging and filtering (Giesy *et al.* 1988). The assay used a Beckman Microtox model 500 toxicity analyzer following the standard 100% test protocol (MicrotoxOmni Software, Azur Environmental) in order to establish if the sediments were toxic.

Diporeia: Sediment assays used long term exposure of 60 - 90 days adapted from the methods of Jackson *et al.* (1995) and (Munawar *et al.* 1999). *Diporeia*, collected during isothermal conditions from Colpoy Bay (Georgian Bay) and Charleston Lake near Kingston, were maintained in sediments at 5°C in the dark. *Diporeia* were exposed to test sediments and fed 2 mg of frozen diatoms or mussel pseudofaeces each week. At 60 and 90 days, the mud in the jars was screened through a 1 mm mesh, the surviving amphipods were counted and then replaced into the original mud in the same jars. At the end of the experiments, specimens were frozen for later lipid analysis or preserved for pathology study.

Hyalella: Assays (highly sensitive, proven technology exposures to test sediments) were conducted for 4 weeks following the procedure of Borgmann and Norwood (1999). *Hyalella* were fed 2.5 mg of Tetramin fish flakes added weekly. Cotton gauze was used instead of sediment as the true control. Tests included filtered water from a zebra mussel aquarium, zebra mussel pseudofaeces on gauze or sediment, and a natural insecticide containing *Bacillus thuringiensis* (B.t.). Surviving animals were counted and weighed after clearing their guts over 24 h.

In addition, the density of *Diporeia* populations was examined in several inland lakes near the Great Lakes. These lakes have historical data on their populations and some of the lakes also now have *Dreissena*.

Results /Discussion

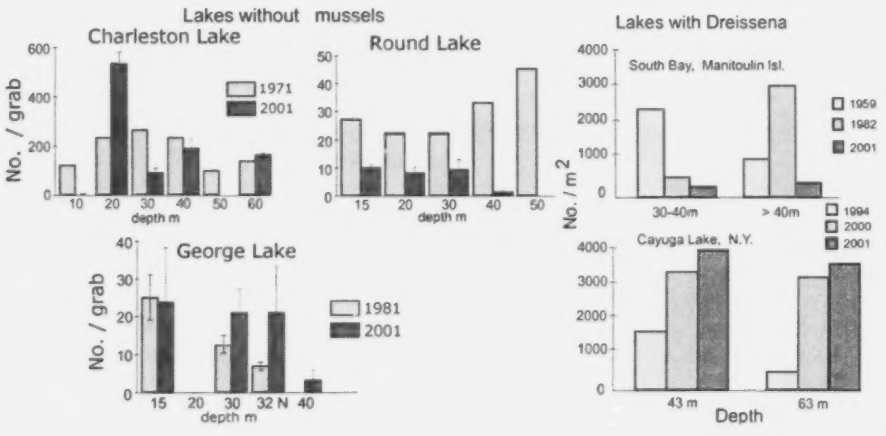


Diporeia and Chlorophyll levels in the lower Bay of Quinte, eastern Lake Ontario.

With improving water conditions in the lower Bay of Quinte following phosphate reductions in 1977, *Diporeia* increased at both a 21 m and a 32 m site. Zebra mussels heavily colonized the bay in 1993. The *Diporeia* at the 32 m site disappeared rapidly in 1993 yet algal levels declined by only 40 to 50 % between 1980 – 1998, not enough to cause the complete disappearance.

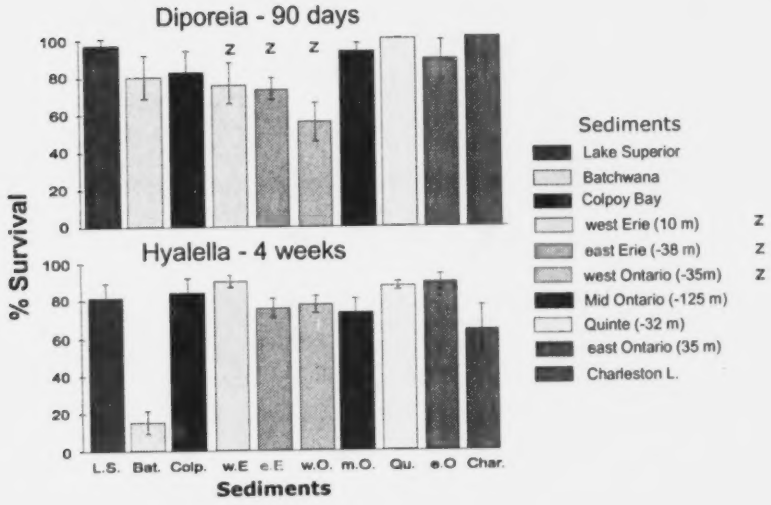
Microtox Results

No test sediments showed a toxic response in the Microtox assay test. There was no significant difference in Microtox activity before and after exposure to sediment pore water. This indicates that the absence of *Diporeia* is not due to toxic chemicals in tested sediments from Lake Ontario or eastern Lake Erie.



In lakes without zebra mussels, there has not been a decline in the *Diporeia* populations. Density in Round lake was lower than in 1971 (Dadswell 1976). Both South Bay on Manitoulin Island and Cayuga Lake have zebra mussels. *Diporeia* populations declined in South Bay, but increased in Cayuga. Both lakes still lack the quagga mussel, *Dreissena bugensis.* This suggests that the loss of *Diporeia* is not yet a wide spread regional problem beyond the Great Lakes proper.

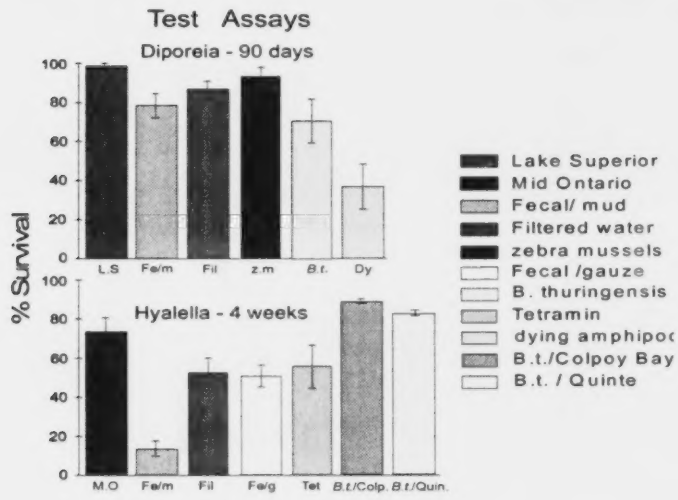
Sediment Assays



Diporeia survival was greatest in the pristine muds from Lake Superior and Charleston Lake. There was lower *Diporeia* survival in sediments from Lake Erie and west Lake Ontario, all of which have high *Dreissena* populations (> 2000 m^2). These sediments are marked with a Z (above figure). Survival was high on east Ontario mud which was now without amphipods but still had few mussels. *Hyalella* was very sensitive to mud from Batchawana Bay, eastern Lake Superior. Low calcium and organic matter in the mud may make metals from the igneous rocks in the vicinity of Batchawana Bay more bioavailable.

Test Assays

Mussel pseudofaeces or excretions (filtered H_20 from mussel cultures) all caused slightly less survival in *Diporeia*. An unknown disease-like agent caused very high mortality in both the assays with *Diporeia* and the winter cultures. Dying amphipods from assays exposed to eastern Lake Erie mud were transferred onto clean Batchawana Bay mud for 48 hrs. Assays were then conducted using this mud exposed to the dying amphipods. This possible disease agent was not isolated again from sediments collected during the spring and summer of 2002. *Hyalella* was very sensitive to mussel pseudofaeces on mud, but less sensitive to pseudofaeces added to assays using cotton gauze as the substrate. Survival of *Hyalella* was not reduced when exposed to the bacteria B.t. on either Colpoys Bay or Bay of Quinte mud. These assays suggest that presence of zebra mussels on the sediments near the *Diporeia* may be enough to reduce survival over the 2 year lifespan.



Future work:

- Complete the analysis of *Diporeia* populations in regional lakes with and without *Dreissena* including Lake Winnipeg;
- Use of pseudofaeces collected from zebra mussels fed Hamilton Harbour algae and fed *Microcystis* during the late summer algal blooms;
- Exposure to dying amphipods again to test the disease theory;
- Analyze the sediment and pseudofaeces metal chemistry, metal body burdens and lipid content of amphipods after the assays.

References

Borgman, U., and Norwood, W.P. 1999. Sediment toxicity testing using large water-sediment ratios: an alternative to water renewal. *Environmental Pollution*. 106:333-339.

Dadswell, M.J. 1974. Distribution, ecology, and postglacial dispersal of certain crustaceans and fishes in eastern North America. *National Museum of Natural Sciences Publications in Zoology, No 11*. National Museums of Canada. 110 pp.

Dermott, R. 2001. Sudden disappearance of the amphipod *Diporeia* from eastern Lake Ontario: 1993 - 1995. J. Great Lakes Res. 27:423-433.

Elmgren R., Ankar, S., and Ejdung, G. 1990. Amphipods of the genus *Pontoporeia* as key elements in the Baltic benthos. Ann. Zool. Fennici 27: 303-304.

Flint, R.W. 1986. Hypothesized carbon flow through the deepwater Lake Ontario food web. J. Great Lakes Res. 12:344-354.

Giesy, J.P., Graney, R.L., Newsted, J.L., Rosiu, C.J., and Benda, A. 1988. Comparison of three sediment bioassay methods using Detroit River sediments. Environmental Toxicology and Chemistry 7:483-498.

Jackson, M., Milne, J., Johnston, H., and Dermott, R. 1995. Assays of Hamilton Harbour sediments using *Diporeia hoyi* (Amphipoda) and *Chironomus plumosus* (Diptera). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2039:1-20.

Johannsson, O.E., Millard, E.S., Ralph, K.M., Myles, D.D., Graham, D.M., Taylor, W.D., Giles, B.G., and Allen, R.E. 1998. The changing pelagia of Lake Ontario (1981 to 1995): A report of the DFO long-term Biological Monitoring Program. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.: 2243. 1-278.

Lozano, S.J., Sharold, J.V., and Nalepa, T.F. 2001. Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58:518:529.

McDonald, M.E., Crowder, L.B., and Brandt, S.B. 1990. Changes in *Mysis* and *Pontoporeia* populations in southeastern Lake Michigan: a response to shifts in the fish community. Limnol. Oceanogr. 35:220-227.

Mills, E.L., Dermott, R.M., Roseman, E.F., Dustin, D., Mellina, E., Conn, D.B. and Spidle, A. 1993. Colonization, ecology and population structure of the "quagga" mussel in the lower Great Lakes. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2305 - 2314.

Munawar, M., Dermott, R., McCarthy, L.H., Munawar, S.F., and van Stam, H.A. 1999. A comparative bioassessment of sediment toxicity in lentic and lotic ecosystems of the North American Great Lakes. Aquat. Ecosystem Health and Manag. 2:367-378.

Nalepa, T.F., Hartson, D.J., Fanslow, D.L., Lang, G.A., and Loranzo, S.J. 1998. Declines in benthic macroinvertebrate populations in southern Lake Michigan, 1980-1993. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 55:2402-2413.

Nalepa, T.F., and Fahnenstiel, G.L. 1995. *Dreissena polymorpha* in the Saginaw Bay, Lake Huron Ecosystem: overview and perspective. J. Great Lakes Res. 21: 411-416.

Stewart, T.W., Miner, J.M., and Lowe, R.L. 1998. Macroinvertebrate communities on hard substrates in western Lake Erie: structuring effects of *Dreissena*. J. Great Lakes Res. 24: 868-879.

Stewart, T.W., Miner, J.M., and Lowe, R.L. 1998. Macroinvertebrate communities on hard substrates in western Lake Erie: structuring effects of *Dreissena*. J. Great Lakes Res. 24: 868-879.

Résumé: L'amphipode des eaux profondes *Diporeia hoyia* a disparu du lac Érié et d'une bonne partie du lac Ontario aux profondeurs supérieures à 80 m, ainsi que dans de grandes étendues du lac Michigan et du lac Huron. Cet amphipode composait jusqu'à 80 % de la biomasse benthique et était une importante ressource alimentaire, contribuant pour plus de 20 % du bilan énergétique des poissons. La communauté des Grands Lacs a changé depuis l'arrivée des moules exotiques *Dreissena polymorpha et D. bugensis* qui dominent maintenant le benthos littoral des lacs. Le MPO cherche les causes possibles de la disparition de *Diporeia*, comme la présence des moules zébrées et la toxicité des sédiments. Nous avons examiné l'abondance des amphipodes dans plusieurs lacs de la région des Grands Lacs renfermant ou non des populations de *Dreissena* pour déterminer si la disparition de *Diporeia* est seulement liée à la présence des moules ou s'il s'agit d'un phénomène régional. Nous avons examiné les caractéristiques chimiques des sédiments, déterminé la production bactérienne et effectué des bioessais sur *Diporeia* et *Hyalella* ainsi qu'avec le système Microtox. *Diporeia* demeure présent dans les lacs sans population de *Dreissena*, mais est toujours abondant dans des lacs où se trouve la moule zébrée mais qui sont relativement peu affectés par le drainage agricole. D'après le test Microtox, les sédiments qui abritaient autrefois les amphipodes ne seraient pas toxiques. *Hyalella* et *Diporeia* ont réagi un peu différemment à l'exposition aux sédiments et aux pseudofèces des moules. Une survie plus faible de *Diporeia* a été notée dans le cas des sédiments prélevés à des endroits se caractérisant par des populations denses de *Dreissena bugensis*; par contre, la survie et la croissance des deux amphipodes ont été maximales dans le sédiment où la population de *Diporeia* a rapidement disparu en 1993. La présence de pseudofèces de moules a légèrement réduit la survie, mais pas au point d'éliminer *Diporeia*. En 2001, un agent qui a causé une mortalité faisant penser à une maladie a été observé, mais il n'a pas été isolé dans les expériences effectuées en 2002. La cause de la réduction de la survie n'a pas encore été déterminée.

Introduction

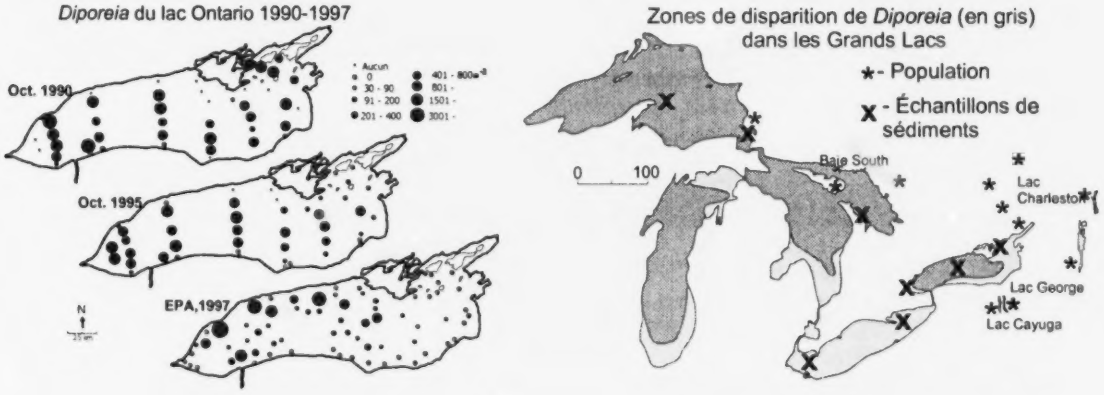
L'amphipode *Diporeia* spp., nommé autrefois *Pontoporeia affinis*, est souvent l'invertébré benthique dominant des Grands Lacs et de vastes lacs boréaux de l'Amérique du Nord (Dadswell, 1974). Cette espèce s'enfouit dans la boue lorsque la température baisse en dessous de 14 °C et elle est associée au touladi et au corégone. On la trouve du delta du fleuve Mackenzie jusqu'à la baie James en passant par le Bouclier canadien, ainsi que dans le lac Winnipeg, les Grands Lacs, le lac Champlain et des lacs profonds au Québec qui étaient autrefois reliés à la mer de Champlain dans la vallée du Saint-Laurent. Les espèces apparentées, *Monoporeia affinis* et *Pontoporeia femorata*, sont communes dans les zones côtières de la mer de Beaufort et de la baie d'Ungava, de même que dans certaines régions du golfe du Saint-Laurent. Ces deux espèces constituent également des éléments importants du benthos de la mer Baltique (Elmgren *et al.*, 1990).

Il faut deux ans aux amphipodes des Grands Lacs pour atteindre une longueur de 6 à 9 mm. Dans les zones au large des Grands Lacs, *Diporeia* constitue de 60 à 80 % de la biomasse benthique et atteint ses densités maximales (jusqu'à 15 000/m^2) dans la zone située entre 30 et 60 m de profondeur, où sa

biomasse sèche peut varier entre 1 et 3 g/m^2. Ses fortes teneurs en lipides, qui peuvent atteindre 50 % de son poids sec, et sa grande capacité d'assimilation des algues sédimentées font de *Diporeia* un lien important entre les proliférations printanières de diatomées et les communautés de poissons (McDonald *et al.*, 1990). Une grande partie du flux d'énergie dans les Grands Lacs passe par *Diporeia* (Flint, 1986). Cet amphipode est l'une des principales ressources alimentaires pour le corégone, les jeunes saumons et truites, et les poissons fourrages gaspareau, éperlan et chabot.

Au cours des années 1990, la moule zébrée (*Dreissena polymorpha*) s'est établie dans les Grands Lacs et *Dreissena bugensis* a colonisé des zones profondes (jusqu'à 60 - 80 m) des lacs Érié et Ontario (Mills *et al.*, 1993). La filtration par les moules côtières a entraîné une hausse de la transparence de l'eau, de même que des changements dans les populations benthiques et les réseaux trophiques (Nalepa et Fahnenstiel, 1995; Steward *et al.*, 1998).

Le Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques du MPO a été le premier à constater la disparition de *Diporeia* dans l'est du lac Érié, qui a débuté en 1992, de même que sa rapide disparition dans la partie inférieure de la baie de Quinte et sa disparition progressive dans l'est du lac Ontario à une profondeur de moins de 60 m, entre 1993 et 1995. Aucune surveillance n'a pu être effectuée après 1995 à la suite de l'annulation du projet de surveillance biologique et de l'utilisation du NSC *Lauzier*. Les seules données récentes sur le lac Ontario ont été obtenues par le navire de recherche *Lake Guardian* de la Environmental Protection Agency des États-Unis (Loranzo *et al.*, 2001).
Depuis 1993, les populations de *Diporeia* spp. ont décliné dans tous les Grands Lacs, à l'exception du lac Supérieur. Cette espèce a disparu des habitats adéquats à une profondeur de moins de 70 m dans les lacs Érié et Ontario, ainsi que dans le sud du lac Huron. Dans le lac Michigan, le déclin a progressé le long de la côte est entre 1992 et 1999, et un déclin rapide s'est produit dans le nord du lac en 2000 (Dermott, 2001; Nalepa *et al.*, 1998).



Voici quelques causes possibles de la disparition de *Diporeia* : réduction de sa nourriture algale; hausse de la prédation par les poissons; sédiments toxiques dus à un changement des cycles de contaminants; compétition avec la moule zébrée pour les algues; nourriture, excrétions toxiques ou maladie provenant des moules. Entre 1981 et 1995, les teneurs en phosphore et en chlorophylle ainsi que la biomasse algaire ont grandement diminué dans l'est du lac Ontario, mais pas dans le centre (Johannsson *et al.*, 1998). La baisse de 40 % des algues est cependant insuffisante pour expliquer la disparition de *Diporeia* dans l'est du lac Ontario (Johannsson *et al.*, 1998). La présence de substances biologiques toxiques ou de pathogènes liés aux moules exotiques du genre *Dreissena* ou les grandes quantités de pseudofèces produites par les moules pourraient également expliquer le déclin de *Diporeia*. Ces matières peuvent être transportées vers le large jusqu'aux populations de *Diporeia*.

Objectifs du projet

Les objectifs du projet consistaient à répondre aux questions suivantes :

- Existe-t-il des preuves d'une disponibilité réduite de nourriture qui pourrait expliquer le déclin des populations de *Diporeia*?
- *Diporeia* doit-il concurrencer la moule zébrée pour obtenir de la nourriture ou y a-t-il exclusion de l'amphipode en présence de moules?
- La densité de *Diporeia* diminue-t-elle également dans d'autres lacs de la région, colonisés ou non par la moule zébrée?
- Les sédiments des Grands Lacs désormais sans *Diporeia* sont-ils toxiques pour les amphipodes *Diporeia* et *Hyalella*?
- Les pseudofèces et excréments de la moule zébrée sont-ils toxiques pour les amphipodes?

Méthodes

Nous avons recueilli des sédiments au printemps et à l'automne à des profondeurs supérieures à 30 m et nous les avons entreposés à 5 °C jusqu'à leur utilisation.

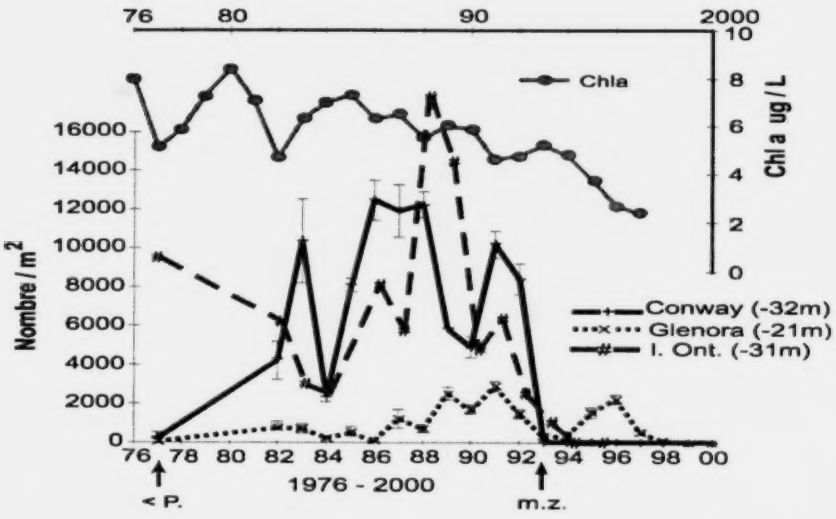
Microtox est un test de la toxicité à résultats rapides. Pour effectuer les tests Microtox de la toxicité aiguë en phase liquide, nous avons utilisé de l'eau interstitielle extraite des sédiments par centrifugation et filtration (Giesy *et al.*, 1988), nous avons eu recours à un analyseur de toxicité Microtox de Beckman Instruments, modèle 500, et nous avons suivi le protocole d'essai standard à 100 % (logiciel MicrotoxOmni de Azur Environmental) afin de déterminer si les sédiments étaient toxiques.

Diporeia : Nous avons exposé *Diporeia* à des sédiments pendant 90 jours, en suivant une variante des méthodes de Jackson *et al.* (1995) et de Munawar *et al.* (1999). Nous avons recueillis les amphipodes lors de conditions isothermes dans la baie Colpoy, qui donne sur la baie Georgienne, et le lac Charleston, près de Kingston, et les avons placés dans des sédiments à 5 °C à l'obscurité. Nous avons exposé les amphipodes aux sédiments d'essai et nous les avons nourris de 2 mg de diatomées ou pseudofèces de moules congelées à chaque semaine. Après 60 et 90 jours, nous avons tamisé la boue à l'aide d'un treillis à mailles de 1 mm, nous avons dénombré les survivants et nous avons replacé ceux-ci dans la boue initiale, dans les mêmes bocaux. À la fin de l'expérience, nous avons congelé les spécimens pour pouvoir ultérieurement analyser leur teneur en lipides ou effectuer une analyse pathologique.

Hyalella : Les tests sont très sensibles et leur efficacité est éprouvée. Nous avons exposé *Hyalella* aux sédiments d'essai durant 4 semaines en suivant la méthode élaborée par Borgmann et Norwood (1999). À chaque semaine, nous avons nourri *Hyalella* de 2,5 mg de flocons pour poissons Tetramin. Nous avons utilisé une gaze de coton, plutôt que des sédiments, comme substrat témoin. Dans le cadre de ce test, nous avons exposé les amphipodes à de l'eau filtrée provenant d'un aquarium de moules zébrées, à des pseudofèces de la moule zébrée sur une gaze ou sur du sédiment ou à un insecticide naturel contenant *Bacillus thuringiensis* (*B.t.*). Nous avons ensuite dénombré et pesé les survivants, après un jeûne de 24 heures.

De plus, nous avons examiné la densité des populations de *Diporeia* dans plusieurs lacs situés près des Grands Lacs. Il existe des données historiques sur les populations de ces lacs, et certains d'entre eux sont maintenant peuplés par des moules du genre *Dreissena*.

Résultats et discussion



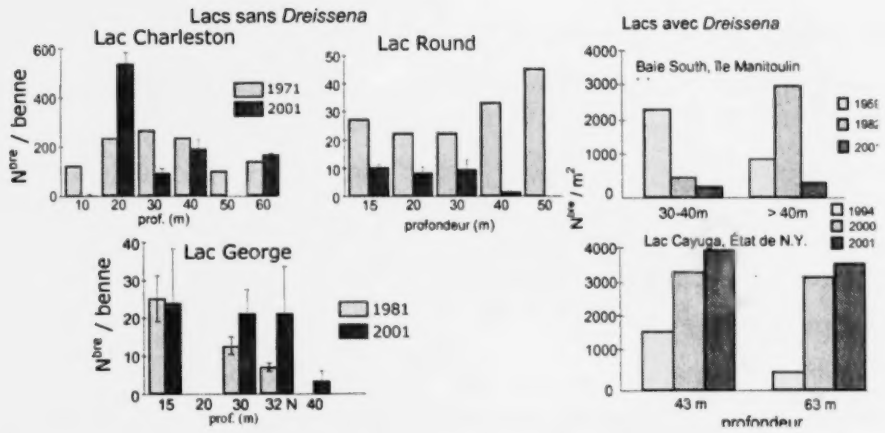
Densité de *Diporeia* et concentration de chlorophylle dans la baie de Quinte (lac Ontario)

Dans deux sites situés à 21 et à 32 m de profondeur dans la partie inférieure de la baie de Quinte, les populations de *Diporeia* ont augmenté à la suite de l'amélioration de la qualité de l'eau due aux réductions du phosphate en 1977. La moule zébrée a envahi la baie en 1993. Au cours de cette même année, *Diporeia* est rapidement disparu au site de 32 m de profondeu, même si la densité algaire n'a diminué que de 40 à 50 % entre 1980 et 1998, une diminution insuffisante pour entraîner la disparition complète de *Diporeia*.

Résultats des tests Microtox

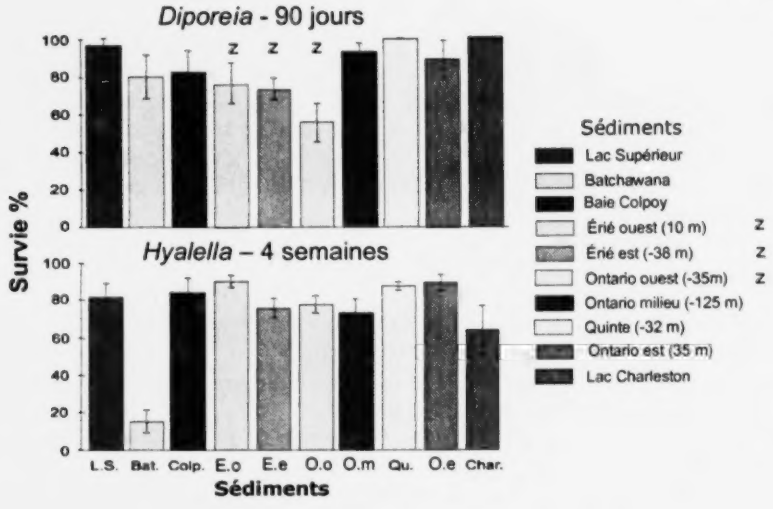
Aucun sédiment testé ne s'est révélé toxique dans les tests Microtox. Il n'y a pas eu de différences significatives dans l'activité Microtox avant et après l'exposition à l'eau interstitielle des sédiments. Ces résultats montrent que l'absence de *Diporeia* n'est pas due à la présence de substances chimiques toxiques dans les sédiments du lac Ontario et de l'est du lac Érié.

Dans les lacs sans moule zébrée, les populations de *Diporeia* n'ont pas baissé. La densité de *Diporeia* dans le lac Round était moins élevée qu'auparavant (Dadswell, 1976). La baie South (île Manitoulin) et le



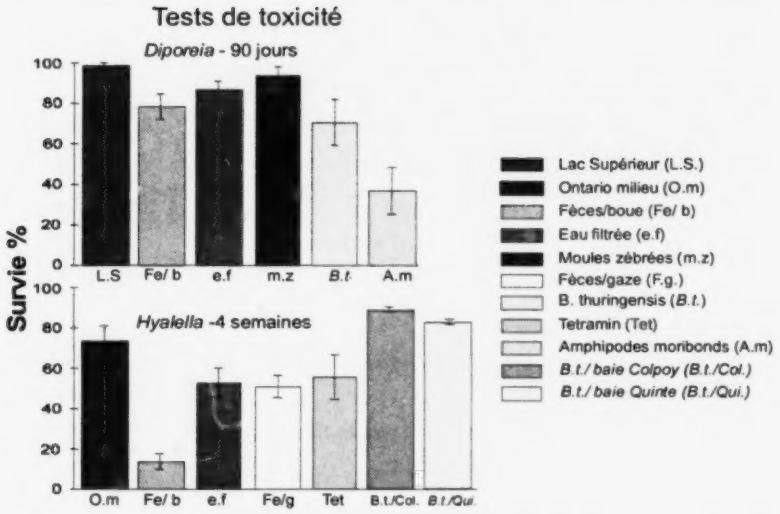
lac Cayuga sont peuplés de moules zébrées, mais la moule quagga (*Dreissena bugensis)* y est toujours absente. Les populations de *Diporeia* ont décliné dans la baie South, mais elles ont augmenté dans le lac Cayuga. Ces résultats portent à croire que la disparition de *Diporeia* n'est pas encore un problème régional généralisé au-delà des Grands Lacs.

Tests d'exposition à des sédiments



Le taux de survie de *Diporeia* était le plus élevé sur les boues à l'état originel du lac Supérieur et du lac Charleston, et le moins élevé sur les sédiments du lac Érié et de l'ouest du lac Ontario, qui renferment de grandes populations de moules du genre *Dreissena* (> 2000 m^2). Un « Z » distingue ces sédiments dans le tableau ci-dessus. Le taux de survie était élevé sur la boue de l'est du lac Ontario, qui ne comptait plus d'amphipodes, mais était peuplée de quelques moules. *Hyalella* était très sensible à la boue de la baie Batchawana, dans l'est du lac Supérieur. Les faibles teneurs en calcium et en matière organique de la boue pourraient augmenter la biodisponibilité des métaux provenant des roches ignées à proximité de la baie Batchawana.

Tests de toxicité



Les pseudofèces ou excrétions de moules (eau filtrée provenant d'élevages de moules) ont entraîné une légère baisse du taux de survie de *Diporeia*. Un agent inconnu, faisant penser à une maladie, a causé une très forte mortalité dans les tests sur *Diporeia* et les cultures hivernales. Nous avons placé les amphipodes moribonds exposés à la boue de l'est du lac Érié dans de la boue propre de la baie Batchawana pendant 48 heures. Nous nous sommes ensuite servis de cette boue de la baie Batchawana pour effectuer d'autres tests de toxicité. Nous n'avons pas réussi à isoler l'agent pathogène des sédiments recueillis au printemps et à l'été 2002. *Hyalella* était très sensible aux pseudofèces sur la boue, mais moins à celles sur la gaze. Le taux de survie de *Hyalella* n'a pas baissé en présence de la bactérie *B.t.* sur les boues des baies Colpoy et de Quinte. Ces tests suggèrent que la présence de moules zébrées sur les sédiments et à proximité de *Diporeia* pourrait réduire le taux de survie de celui-ci sur sa durée de vie de deux ans.

Travaux futurs

- Terminer l'analyse des populations de Diporeia dans d'autres lacs de la région avec ou sans moule du genre Dreissena, y compris dans le lac Winnipeg.
- Utiliser les pseudofèces de moules zébrées nourries d'algues du port de Hamilton et de Microcystis au cours des proliférations d'algues de fin d'été.
- Répéter le test d'exposition aux amphipodes moribonds pour vérifier l'hypothèse d'une maladie.
- Analyser la chimie métallique des sédiments et des pseudofèces, de même que les charges corporelles en métaux et la teneur en lipides des amphipodes après les tests.

Références

Borgman, U., et Norwood, W.P. 1999. Sediment toxicity testing using large water-sediment ratios: an alternative to water renewal. *Environmental Pollution*. 106:333-339

Dadswell, M.J. 1974. Distribution, ecology, and postglacial dispersal of certain crustaceans and fishes in eastern North America. National Museum of Natural Sciences Publications in Zoology, No 11. National Museums of Canada. 110 pp.

Dermott, R. 2001. Sudden disappearance of the amphipod *Diporeia* from eastern Lake Ontario: 1993 - 1995. J. Great Lakes Res. 27:423-433.

Elmgren R., Ankar, S., et Ejdung, G. 1990. Amphipods of the genus *Pontoporeia* as key elements in the Baltic benthos. Ann. Zool. Fennici 27: 303-304.

Flint, R.W. 1986. Hypothesized carbon flow through the deepwater Lake Ontario food web. J. Great Lakes Res. 12:344-354.

Giesy, J.P., Graney, R.L., Newsted, J.L., Rosiu, C.J., et Benda, A. 1988. Comparison of three sediment bioassay methods using Detroit River sediments. Environmental Toxicology and Chemistry 7:483-498.

Jackson, M., Milne, J., Johnston, H., et Dermott, R. 1995. Assays of Hamilton Harbour sediments using *Diporeia hoyi* (Amphipoda) and *Chironomus plumosus* (Diptera). Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2039:1-20.

Johannsson, O.E., Millard, E.S., Ralph, K.M., Myles, D.D., Graham, D.M., Taylor, W.D., Giles, B.G., et Allen, R.E. 1998. The changing pelagia of Lake Ontario (1981 to 1995): A report of the DFO long-term Biological Monitoring Program. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.: 2243. 1-278.

Lozano, S.J., Sharold, J.V., et Nalepa, T.F. 2001. Recent declines in benthic macroinvertebrate densities in Lake Ontario. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 58:518:529.

McDonald, M.E., Crowder, L.B., et Brandt, S.B. 1990. Changes in *Mysis* and *Pontoporeia* populations in southeastern Lake Michigan: a response to shifts in the fish community. Limnol. Oceanogr. 35 :220-227.

Mills, E.L., Dermott, R.M., Roseman, E.F., Dustin, D., Mellina, E., Conn, D.B. et Spidle, A. 1993. Colonization, ecology and population structure of the "quagga" mussel in the lower Great Lakes. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50: 2305 - 2314.

Munawar, M., Dermott, R., McCarthy, L.H., Munawar, S.F., et van Stam, H.A. 1999. A comparative bioassessment of sediment toxicity in lentic and lotic ecosystems of the North American Great Lakes. Aquat. Ecosystem Health and Manag. 2:367-378.

Nalepa, T.F., Hartson, D.J., Fanslow, D.L., Lang, G.A., et Loranzo, S.J. 1998. Declines in benthic macroinvertebrate populations in southern Lake Michigan, 1980-1993. Can. J. Fish. Aquatic Sci. 55:2402-2413.

Nalepa, T.F., et Fahnenstiel, G.L. 1995. *Dreissena polymorpha* in the Saginaw Bay, Lake Huron Ecosystem: overview and perspective. J. Great Lakes Res. 21: 411-416.

Stewart, T.W., Miner, J.M., et Lowe, R.L. 1998. Macroinvertebrate communities on hard substrates in western Lake Erie: structuring effects of *Dreissena*. J. Great Lakes Res. 24: 868-879.

Stewart, T.W., Miner, J.M., et Lowe, R.L. 1998. Macroinvertebrate communities on hard substrates in western Lake Erie: structuring effects of *Dreissena*. J. Great Lakes Res. 24: 868-879.

A comparative regional risk assessment for Canada's freshwater fish resources/ Évaluation régionale comparative des risques pour les poissons d'eau douce au Canada.

C.K. Minns, C. Chu, N.E. Mandrak and C.N. Bakelaar, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4874 Fax:: (905) 336-6437 E-mail: MinnsK@dfo-mpo.gc.ca / C.K. Minns, C. Chu, N.E. Mandrak et C.N. Bakelaar, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4874
Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : MinnsK@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: An analysis of freshwater fish species was conducted across Canada at the tertiary watershed level to allow integration of fish distribution, landscape and climate variables, and human activity metrics. Richness and rarity indices were calculated from presence-absence data by watershed. Richness is higher in southern Canada while rarity is concentrated in a "ring of rarity" around the country. Productive capacity and stress indices were developed for each watershed using readily available mapped information. Principal components analyses were used to select the variables used in each index. Productive capacity was estimated by combining four environmental variables, growing degree days above 5°C, elevation range (m) within the watershed, mean annual sunshine hours, and mean annual vapour pressure (kilopascals). A human stress index was calculated using data from the 1996 census of Canada drawing on metrics representing industry and population. Dwelling density and road density, measures of urban development, were dominant stresses throughout Canada. Crop farming and forestry stresses were important in British Columbia and Alberta. Conservation priorities were assigned by integrating biodiversity, productive capacity and cumulative stress levels. Southern Ontario and British Columbia watersheds were ranked high, having both the greatest biodiversity and the most stress. Watersheds in Canada's interior were ranked low, having low fish diversity and low stress. Regional analyses like this can guide fish habitat and watershed management.

Résumé : Une analyse des espèces de poisson d'eau douce a été effectuée au Canada dans les bassins tertiaires pour l'intégration de variables de la distribution des poissons, du paysage et du climat, ainsi que de paramètres de l'activité humaine. Des indices de richesse et de rareté ont été calculés à partir des données de présence-absence par bassin. La richesse est apparue plus élevée dans le Sud du Canada, tandis que la rareté se concentrait dans un « cercle de rareté » autour du pays. Des indices de capacité de production et de stress ont été déterminés pour chaque bassin à partir de l'information cartographique facilement disponible. Des analyses en composantes principales ont été effectuées pour choisir les variables utilisées dans le calcul de chaque indice, des analyses en composantes principales ont été effectuées. Quatre variables de l'environnement ont été combinées pour estimer la capacité de production : le nombre de degrés-jours de croissance au-dessus de 5 °C, l'intervalle d'altitude (m) dans le bassin, le nombre annuel moyen d'heures d'ensoleillement et la moyenne annuelle de la pression de vapeur (kilopascals). Un indice du stress d'origine anthropique a été calculé à l'aide des données du recensement national de 1996, en particulier les données concernant l'industrie et la population. Les stress dominants dans tout le Canada seraient la densité des habitations et des routes, qui sont des paramètres du développement urbain. Les stress dus aux cultures et à la foresterie seraient importants en Colombie-Britannique et en Alberta. Les priorités pour la conservation ont été déterminées en tenant compte à la fois de la biodiversité, de la capacité de production et du stress cumulatif. Les bassins du Sud de l'Ontario et de la Colombie-Britannique ont obtenu des cotes élevées, ayant la plus forte biodiversité, mais étant aussi les plus stressés. Les bassins de l'intérieur du Canada ont obtenu des cotes plus faibles, ayant une plus faible diversité en poissons et étant moins stressés. Les analyses régionales comme celle-ci sont utiles pour orienter les efforts de gestion de l'habitat du poisson et des bassins versants.

Discussion Panel/ Discussion en groupe: How do we implement ecosystem-based management?/ Comment allons-nous mettre en oeuvre la gestion axée sur les écosystèmes? (*Chair/Président : Serge Labonté*)

Chair: Serge Labonté, Director General, Fisheries, Environmental and Biodiversity Science Directorate, Ottawa, Ontario

Panel Members: Herb Vandermeulen, Jake Rice, Michael Sinclair, Max Stanfield.

The discussion was opened by the panel Chair. Each panel member was asked to introduce himself, to indicate his affiliation and main area of interest, and to provide comments on approaches and challenges for implementing ecosystem-based management (EBM) from his perspective:

Herb Vandermeulen, National Coordinator, Marine Environmental Quality, Ottawa, Ontario – a Perspective from an Oceans manager:

- DFO has already made a decision regarding an approach to ecosystem based management. It did so with the public release of the "Policy and Operational Framework for Integrated Management of Estuarine, Coastal and Marine Environments in Canada" this past summer.
- The Integrated Management (IM) Framework includes DFO's definition of EBM, which is paraphrased as the management of human activities in an ecosystem context.
- The IM Framework specifies that EBM will be implemented by DFO via the establishment of Ecosystem Objectives at the Large Ocean Management Area (LOMA) scale (think of the Beaufort Sea, Central Coast of British Columbia, Scotian Shelf), and 'reflecting' those ecosystem objectives as Marine Environmental Quality (MEQ) objectives in IM and Marine Protected Area (MPA) plans that reside within the LOMA.
- The phrase 'Ecosystem Objective' comes from ICES and other international venues. The phrase is not found in the Fisheries Act or the Oceans Act. DFO has no legislative mandate to implement ecosystem objectives. However, the department does have an obligation under the Oceans Act to develop and use MEQ objectives - hence the 'reflection' of ecosystem objectives into MEQ objectives in IM and MPA plans. Eventually, all marine waters under Canadian jurisdiction will have associated IM plans.
- Ecosystem Objectives (and therefore MEQ objectives) are set for aspects of marine ecosystem structure and function. Both types of objectives have reference points (limits and targets) associated with them. If monitoring programs demonstrate that these limits are being surpassed, management action will be triggered. DFO has no legal mandate for management action with ecosystem objectives - nor does it have a venue for discussing management action related to ecosystem objectives with various sectors. DFO does have a legal mandate with MEQ objectives (e.g. section 52.1 of Oceans Act can be invoked), and a venue for discussion that is endorsed by legislation (IM and MPA plans).
- Science support for the Oceans programs must be site specific. An assessment of information for a particular IM or MPA site must be made to determine gaps and place information within an ecosystem context. I read the last slide in the deck verbatim, it is a listing of the kinds of science support required for EBM.

Key questions from the audience:

- Shouldn't the reference points related to ecosystem objectives and MEQ objectives be negotiated with stakeholders? (An amalgamation of several questions.) Answer - Ecosystem Objectives and MEQ Objectives are <u>not</u> sector (or human activity) specific, they are ecosystem specific. Therefore, limit reference points (that concentration of a substance that is harmful, that population size which leads to collapse, that level of productivity that can be extracted from the system, etc.) are determined by an impartial scientific exercise. No amount of stakeholder negotiation can reduce the inherent toxicity of a substance. However, there is some room for discussion on target reference points - within the

bounds of natural variability, what are the desirable management targets for a particular population size or area of a habitat? Again, that stakeholder discussion can only be held under a legislative mandate by using the Oceans Act.

- What are the sources of support for science to deliver on EBM? Answer - the Oceans MC has science support embedded in it, the Oceans Applied Science Fund was created for this support, departmental research funds (when they are released) may have EBM priorities and (ultimately) the Departmental Assessment may realign science delivery towards EBM.

Jake Rice, Director, Assessment and Peer Review, Canadian Science Advisory Secretariat, Ottawa, Ontario – a National and International Perspective:
There is little debate about the importance of explicit Ecosystem Objectives to be used as a cornerstone for Fisheries and Oceans management and decision-making. However, opinions do vary on the nature of useful Ecosystem Objectives and the work remaining before we are in a position to have operational sets of objectives.

Some view the search for ecosystem objectives as an all-inclusive new activity for DFO, particularly for Science, with the potential to radically alter concepts and practice. In my view, the search for sweeping and radically different Ecosystem Objectives is misguided. Although there are many abstract and/or complex properties of ecosystems that are important for conservation, we know how to measure few such properties, and we know even less about how to base management and decision-making on such measures where they can be made. Efforts to move in such directions will dissipate limited time and resources of the science and management communities, and result in management approaches that are much more complex and costly, but not better.

Others view the search for ecosystem objectives as a popularity contest where, basically, anything goes. Objectives can be anything that people care to propose, with convenience, low-cost, and grandstand appeal being paramount considerations. Such views are also misguided, as Ecosystem Objectives do have a vital role in the overall move towards management based on explicit objectives and associated reference points. Convenience or an impressive name does no assure that an Objective is a reliable basis for decision-making. Likewise we cannot let the list of Ecosystem Objectives proliferate in an unbounded manner. Not only will the resources be inadequate to achieve all of a very long list, but even modestly long lists are likely to include mutually incompatable Objectives. We need to apply all the lessons learned in past efforts at supporting management with well chosen indicators and reference points, to the much more challenging task of selecting a workable suite of operational Ecosystem Objectives.

The move to Ecosystem Objectives is an 'ecolutionary' one, and has been going on for over a decade. Often implicitly rather than explicitly, ecosystem considerations have already been a part of managing fisheries on forage species, in habitat science, and in many other Branch and Departmental activities. What is needed now is a coordinated progress on two fronts. One is to specify the minimum suite of properties to be covered by Ecosystem Objectives. For example past work in ICES concluded that a sufficiently large suite for fisheries management might add objectives and reference points for selected bycatch species, physical habitat features, genetic diversity of target species, and populations of dependent predators and scavengers to the biomass and fishing mortality reference points already used in fisheries management. The second is to select informative and reliable indicators and associated reference points for the Ecosystem Objectives, on the basis of rigorous performance testing rather than merely commonness in the literature. Those tasks unquestionably represent some increase in workload for Science and accountability for management. However the added work became necessary as soon as the Oceans Act committed DFO to pursue an Ecosystem Approach to management (and probably even earlier) and represents the minimum incremental workload needed to ensure conservation of ecosystems and their components.

Mike Sinclair, Regional Director, Science Branch, Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia - A Regional Perspective:

Introductory Points

- A practical approach is needed.
- Implementation is based on our present fragmentary understanding of ecosystem structure and function.
- We are managing human activities, rather than attempting to generate a particular ecosystem configuration or state.
- Marine ecosystems are highly variable.
- We are attempting to limit the impact of ocean use activities on ecosystem variability.

Geographical Context

- Within the Maritimes Region two Large Ocean Management Areas (LOMAs) have been defined (the eastern Scotian Shelf – 4VW, and the western Scotian Shelf / Gulf of Maine area – 4X and the Canadian part of 5). These areas are defined based on administrative convenience (e.g. fisheries statistical areas, DFO regional boundaries, US / Canada boundary).
- A nested approach is envisioned (i.e., the impacts of some management actions will need to be considered within contiguous LOMAs, such as the tuna and swordfish plans; whereas the impacts of other management plans can be evaluated at smaller geographic scales, such as the clam fisheries within coastal embayments).

Management Plan Changes

- How will the management plans for oil / gas, submarine cables, marine transportation, fisheries, aquaculture, eco-tourism change under EBM?
- There will be a common standard for the conservation objectives that include both ecosystem considerations and MEQ (i.e. address biodiversity, productivity and habitat (water quality),
- The common high-level conservation objectives will be incorporated within the respective management planning processes for the diverse ocean uses. They can be articulated as follows:
  - maintain diversity of ecosystem (or seascape) types;
  - maintain diversity of species;
  - maintain diversity of populations (or genetic diversity);
  - maintain productivity of populations;
  - etc.
- The conservation objectives for EBM were the focus of a workshop at Dunsmuir in 2001. The overarching high level objectives then need to be articulated to be operational for specific management plans (eg. how will the diversity of benthic seascapes be protected on the Scotian Shelf for each of the ocean uses?)
- The process of stating the objectives in operational terms and providing relevant indicators and reference points has been done for the groundfish management plan on the Scotian Shelf.

The Example for Maintenance of Diversity of Benthic Ecosystem Types

- A three step approach is being taken:
  i) Workshop on benthic classification approaches (completed);
  ii) Classification of benthos for the Scotia-Fundy area (to be completed in 2003 based on present information);
  iii) Evaluation of fragility of benthic ecosystem types (or seascapes) to diverse ocean uses and establishment of what percentage of each type should be pristine.

Based on this approach a scheme for zoning of diverse ocean uses will be defined that results in this conservation objective being met.

Concluding Comments

- Similar approaches to the "ecosystem type" objective are being addressed for the other conservation considerations.
- The monitoring program will need to generate data products in the indicators for the various objectives as well as information that will be helpful in addressing causality.
- State of the Ecosystem Reports will include information on indicator trends as well as climate change etc.
- A review of the aggregate management plans within a LOMA, would occur perhaps every five years. On an annual basis the sector plans would be evaluated as they presently are.
- The changes in ocean use management are proposed to be evolutionary rather than revolutionary.
- There are many exciting research questions to be addressed for the practical technical issues supporting EBM.

Max Stanfield, Director, Resource Management - Pacific, Arctic and Inland, Ottawa, Ontario - A Fisheries Management Perspective

My intent is to present a sceptics view of ecosystem-based management. That's the view of the folks out there who will, eventually, have to put theory into practice. Much of the EBM work is abstract, and every fishery manager knows about the predictive track record of Science (this summer's example of late-run sockeye coming in at double what was predicted - almost 8 million vs. an anticipated 3.6 million comes to mind). So it's not surprising fish managers are a bit wary when someone suggests they're starting to get a handle on what actually is happening in the oceans. Fishery managers have also seen a fair amount of top-down change in the last few years: the introduction of integrated fisheries management plans, co-management, objective based fisheries management and now SARA. It's been the fishery manager's job to get harvesters to buy into the first three of these "reforms". It hasn't been easy or always successful. Harvesters, even more than managers are, if nothing else, a practical bunch. [Convincing fishery managers and harvesters to accept their end of EBM – its practical implications- will be a major challenge.]

When it comes to practical requirements, SARA is certainly raising our EBM consciousness. I've just a couple of examples from the West Coast to bear this out. Sea otters were re-established on the West Coast of Vancouver Island after being extirpated through over hunting. They're now protected. The unfortunate thing for us is that a healthy sea otter population can't co-exist with a number of commercial shellfish fisheries. And, they eat endangered Abalone. The practical EBM implications are apparent to everyone. A second very current example was the virtual elimination of an entire run of pink salmon in the Broughton Archipelago off northeast Vancouver Island. The run passes through a number of salmon farms. Rafe Mair (the low key Vancouver talk show host) says it's the farms' fault. He and many environmentalists claim the sea lice infestation affecting the farmed salmon was passed to the wild pinks passing through. Departmental scientists claim there is no proven linkage. Just these two EBM items make for quite a debate. You don't need to throw in seals to make the point: EBM is complicated, even for the simple interactions, not just biologically complicated, but ethically complicated as well. I'm not sure how close Canadians are to confronting some knottier ethical choices that may flow from EBM.

Which brings me to the main point: what are fishery managers expected to do when it comes to implementing an EBM model... or better still, what EBM model are we capable of implementing? There aren't a lot of examples out there. On the east coast we have the makings of a fairly elaborate EBM framework for Scotia Fundy groundfish, but not a lot of progress on the ground. On the west coast, for some time now, we've had an EBM-type objective in managing herring. It's a forage species, so we set a 20% lid on the exploitation. None of this takes us very far.

To conclude, from a fishery manager's perspective, I would argue that the focus for implementing EBM must be on establishing practical, operational objectives. We could start in two areas. The first would aim at a significant reduction in the "obtrusiveness" of fishing activity. At the simplest level, this would mean more effective (and I would emphasise the word effective) controls on harvesting target and non-target species. This would be a major accomplishment. And, I would add the imperative need to set up viable data monitoring regimes. Some work has been done on selective fishing, and some regions do better

data monitoring than others. Overall, there is a lot of work to be done. I would argue, from a fishery management perspective, that this constitutes the ground floor of EBM.

Président : Serge Labonté, directeur général des Sciences halieutiques, de l'environnement et de la biodiversité, Ottawa (Ontario)

Participants : Herb Vandermeulen, Jake Rice, Michael Sinclair et Max Stanfield.

Le président ouvre la séance en demandant à chaque participant de se présenter, d'indiquer le groupe auquel il appartient et son principal domaine d'intérêt et de donner son point de vue sur les façons de mettre en œuvre la gestion écosystémique (GE) et les difficultés connexes.

Herb Vandermeulen, coordonnateur national, Qualité du milieu marin, Ottawa (Ontario) – le point de vue d'un gestionnaire des océans

- Le MPO a déjà pris une décision sur une démarche de gestion écosystémique en publiant « Le Cadre stratégique et opérationnel pour la gestion intégrée des environnements estuariens, côtiers et marins au Canada » l'été dernier.
- Le Cadre de gestion intégrée (GI) comprend la définition de la GE selon le MPO, que l'on paraphrase comme la gestion des activités humaines dans un contexte écosystémique.
- Le Cadre de GI précise que le MPO mettra la GE en œuvre en fixant des objectifs écosystémiques à l'échelle des zones étendues de gestion des océans (ZÉGO; p. ex., la mer de Beaufort, la côte centrale de la Colombie-Britannique ou le plateau néo-écossais) et que ces objectifs écosystémiques seront « traduits » en objectifs basés sur la qualité du milieu marin (QMM) dans les plans de GI ou de zones de protection marines (ZPM) dans la ZÉGO en question.
- Créé par le CIEM et d'autres organismes internationaux, le terme « objectif écosystémique » est absent de la *Loi sur les pêches* et de la *Loi sur les Océans*. Le MPO n'a donc aucun mandat législatif pour l'application d'objectifs écosystémiques, mais la *Loi sur les Océans* l'oblige à mettre au point et à utiliser des objectifs basés sur la QMM. C'est pourquoi les objectifs écosystémiques doivent être « traduits » en objectifs basés sur la QMM dans les plans de GI et de ZPM. Ultimement, toutes les eaux marines du Canada seront visées par des plans de GI.
- Les objectifs écosystémiques (et par conséquent les objectifs basés sur la QMM) sont établis pour divers aspects de la structure et la fonction des écosystèmes marins. Les deux types d'objectifs comportent des points de référence (limites et cibles). Si les programmes de surveillance montrent que ces limites sont dépassées, cela déclenchera des mesures de gestion. Le MPO n'a aucun mandat légal en ce qui concerne les mesures de gestion aux objectifs écosystémiques, ni de tribune de discussion avec les divers secteurs intéressés. Par contre, le Ministère dispose d'un mandat légal en ce qui a trait aux objectifs basés sur la QMM (p. ex. on peut invoquer l'article 52.1 de la *Loi sur les Océans*) et d'une tribune de discussion approuvée par la législation (plans de GI ou de ZPM).
- Le soutien scientifique des programmes du secteur des Océans doit être propre à chaque site. Il faut évaluer l'information disponible sur un site visé par la GI ou une ZPM pour en déterminer les lacunes et la placer dans un contexte écosystémique. J'ai lu mot à mot le texte de la dernière diapo de la présentation; il s'agit d'une énumération des types de soutien scientifique que nécessite la GE.

Questions importantes posés par l'auditoire

- Ne faudrait-il pas que les points de référence liés aux objectifs écosystémiques et à ceux basés sur la QMM soient négociés avec les parties intéressées? (Il s'agit d'une fusion de plusieurs questions.) Réponse – Les objectifs écosystémiques et ceux basés sur la QMM ne sont pas spécifiques à un secteur (ou à une activité humaine), ils sont propres à un écosystème. Les points de référence limites (la concentration à partir de laquelle une substance est néfaste, la taille d'une population qui mène à son effondrement, le niveau de productivité pouvant être prélevé dans l'écosystème, etc.) sont établis par une démarche scientifique impartiale. La négociation avec les parties intéressées ne permettra jamais de réduire la toxicité inhérente d'une substance. Par contre, la discussion est possible sur les points de référence cibles : dans les limites de la variabilité naturelle, quelles sont les cibles de gestion souhaitables pour la taille d'une population donnée ou la superficie d'un habitat? Encore une

fois, une discussion avec les parties intéressées ne peut se tenir qu'en vertu du mandat législatif conféré par la *Loi sur les océans*.

- D'où proviendrait le financement des activités scientifiques nécessaires pour mettre en œuvre la GE? Réponse – le MC du secteur des Océans comprend du soutien scientifique, le fonds des sciences appliquées du secteur des Océans a été créé pour assurer ce soutien, les fonds de recherche du Ministère (lorsqu'ils seront annoncés) pourraient avoir des priorités liées à la GE, et (ultimement) l'évaluation ministérielle pourait réaligner les activités scientifiques sur la GE.

Jake Rice, directeur, Évaluation et Examen par les pairs, Secrétariat canadien de consultation scientifique, Ottawa (Ontario) – une perspective nationale et internationale
L'importance d'utiliser des objectifs écosystémiques explicites comme fondement de la gestion et de la prise de décision au MPO suscite peu de débat. Toutefois, les opinions varient quant à ce qui constituerait des objectifs écosystémiques utiles et au travail qui reste à accomplir avant que nous soyons en mesure de mettre en œuvre des ensembles d'ojectifs.

Certains considèrent la recherche d'objectifs écosystémiques comme une nouvelle activité globale du MPO, en particulier du secteur des Sciences, laquelle pourrait radicalement modifier les concepts et les pratiques. À mon avis, cette recherche d'objectifs écosystémiques généraux radicalement différents est malavisée. Beaucoup de propriétés abstraites ou complexes des écosystèmes sont importantes pour la conservation, mais nous ne savons mesurer que peu de ces propriétés et nous en savons encore moins sur la façon de fonder la prise de décisions et la gestion sur ce genre de mesures lorsqu'elles sont possibles. Les travaux visant à prendre cette orientation gaspilleraient le temps et les ressources limitées des scientifiques et des gestionnaires et donneraient lieu à des approches de gestion beaucoup plus complexes et coûteuses, mais pas meilleures.

D'autres considèrent la recherche d'objectifs écosystémiques comme un concours de popularité où tout est permis. Les objectifs pourraient être n'importe quoi que les gens veulent bien proposer, et leur commodité, leur faible coût et leur attrait pour la galerie constitueraient des critères déterminants. Ce point de vue est également malavisé, car les objectifs écosystémiques sont essentiel à la réorientation vers une gestion axée sur des objectifs explicites et des point de référence connexes. La commodité ou un nom impressionnant n'assure pas qu'un objectif constitue un fondement fiable pour la prise de décisions. En outre, nous ne pouvons pas laisser la liste des objectifs s'allonger indûment; non seulement les ressources seraient insuffisantes pour atteindre tous les objectifs d'une longue liste, mais même une liste modérément longue contiendrait sans doute des objectifs incompatibles. Nous devons appliquer toutes les leçons tirées des travaux passés visant à soutenir la gestion par des indicateurs et points de référence bien choisis à la tâche beaucoup plus difficile consistant à établir une série utile d'objectifs écosystémiques opérationnels.

Le passage à des objectifs écosystémiques est un processif évolutif qui remonte à plus de dix ans. Souvent de façon implicite plutôt qu'explicite, les considérations écosystémiques sont déjà intégrées à la gestion des pêches d'espèces fourrages, à la science de l'habitat et à de nombreuses autres activités du Ministère. Nous devons maintenant accomplir des progrès coordonnés sur deux aspects. Le premier consiste à préciser l'ensemble minimal des propriétés que devront couvrir les objectifs écosystémiques. Par exemple, des travaux menés par le CIEM ont montré que la gestion des pêches pourrait comprendre des objectifs et des points de référence concernant certaines espèces capturées accessoirement, des caractéristiques de l'habitat physique, la diversité génétique d'espèces ciblées et des populations d'espèces prédatrices ou détritivores dépendantes, en plus des points de référence relatifs à la biomasse et à la mortalité par pêche déjà utilisés en gestion des pêches. Le deuxième aspect consiste à choisir des indicateurs et points de référence connexes utiles et fiables pour les objectifs écosystémiques en se fondant sur des tests rigoureux de leur performance plutôt que sur leur fréquence dans les publications. Ces tâches accroîtront incontestablement la charge de travail du secteur des Sciences et la responsabilité des gestionnaires. Toutefois, le travail supplémentaire est devenu nécessaire dès que la *Loi sur les océans* a obligé le MPO à adopter une approche de gestion écosystémique (et sans doute même avant) et représente le minimum nécessaire pour assurer la conservation des écosystèmes et de leurs composantes.

Mike Sinclair, directeur régional des Sciences, Institut océanographique de Bedford, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) - une perspective régionale

Points préliminaires

- Il faut adopter une approche pratique.
- La mise en œuvre est fondée sur notre compréhension actuellement fragmentaire de la structure et de la fonction de l'écosystème.
- Nous gérons des activités humaines, plutôt que de tenter d'obtenir une configuration ou un état précis de l'écosystème.
- Les écosystèmes marins sont très variables.
- Nous tentons de limiter l'impact des activités d'exploitation de l'océan sur la variabilité de l'écosystème.

Contexte géographique

- Dans la Région des Maritimes, on a défini deux zones étendues de gestion des océans (ZÉGO) : la zone de l'est du plateau néo-écossais (4VW) et la zone comprenant l'ouest du plateau néo-écossais et le golfe du Maine (4X et la partie canadienne de 5). Ces zones sont établies en fonction de leur commodité au plan administratif (p. ex. zones statistiques de pêche, limites des Régions du MPO ou frontière canado-américaine).
- On envisage une démarche imbriquée, c.-à-d. que les effets de certaines mesures de gestion devront être prises en compte dans des ZÉGO adjacentes (p. ex. plans de pêche du thon et de l'espadon), tandis les effets d'autres plans de gestion pourront être évalués à de plus petites échelles géographiques (p. ex. pêches des coques dans les échancrures de la côte).

Modifications des plans de gestion

- Comment la GE modifiera-t-elle les plans de gestion relatifs à l'exploitation pétrolière ou gazière, aux câbles sous-marins, au transport maritime, aux pêches, à l'aquaculture ou à l'écotourisme?
- Une norme commune sera établie pour les objectifs de conservation, qui comprennent des considérations écosystémiques et la QMM (c.-à-d. qui abordent la biodiversité, la productivité et l'habitat – qualité de l'eau).
- Les objectifs de conservation communs de haut niveau seront intégrés aux processus de planification de la gestion liés aux diverses utilisations des océans. Ces objectifs peuvent être formulés comme suit :
    - Maintenir la diversité des écosystèmes (ou paysages marins).
    - Maintenir la diversité des espèces.
    - Maintenir la diversité des populations (ou la diversité génétique).
    - Maintenir la productivité des populations.
    - Etc.
- Les objectifs de conservation pour la GE ont fait l'objet d'un atelier tenu à Dunsmuir en 2001. Les objectifs de haut niveau prépondérant doivent être formulés de façon à être opérationnels pour des plans de gestion précis (p. ex. comment la diversité des milieux benthiques de la plate-forme néo-écossaise sera-t-elle protégée en ce qui concerne chacune des utilisations de l'océan?)
- La formulation des objectifs en termes opérationnels et l'établissement d'indicateurs et point de référence pertinents ont été faits pour le plan de gestion du poisson de fond de la plate-forme néo-écossaise.

Exemple de la démarche pour le maintien de la diversité des écosystèmes benthiques

- Démarche en trois volets :
    i) Atelier sur les méthodes de classification des milieux benthiques (fait).
    ii) Classification du benthos dans la région Scotia-Fundy (sera terminée en 2003 selon l'information actuelle).

iii) Évaluation de la vulnérabilité des écosytèmes benthiques à différentes utilisations de l'océan et détermination du pourcentage de chaque type d'écosystème qui devrait rester intact.

Un régime de zonage des diverses utilisations de l'océan sera établi selon cette démarche afin d'atteindre cet objectif de conservation.

Conclusions

- Les autres considérations liées à la conservation seront abordées par des démarches semblables à celle présentée ci-dessus.
- Le programme de surveillance devra fournir des données indicatrices pour les divers objectifs ainsi que des données permettant d'établir des liens de causalité.
- Les rapports sur l'état de l'écosystème comprendront de l'information sur l'évolution des indicateurs, le changement climatique, etc.
- L'examen des plans intégrés de gestion pour un ZÉGO pourrait être effectué aux cinq ans. Les plans sectoriels seraient évalués tel quels chaque année.
- Les changements de la gestion de l'utilisation des océans devrait être évolutionnaires plutôt que révolutionnaires.
- Il y a de nombreuses recherches passionnantes à effectuer concernant les questions techniques pratiques liées à la GE.

Max Stanfield, directeur, Gestion des ressources - Pacifique, Arctique et eaux intérieures, Ottawa (Ontario) – Réflexions sur la gestion des pêches

Mon intention est de présenter les vues d'un sceptique sur la gestion écosystémique ou GES. Ce sont les vues des gens qui doivent éventuellement mettre la théorie en pratique sur le terrain. La plus grande partie des travaux sur la GES sont de nature abstraite, et chaque gestionnaire des pêches est conscient de l'efficacité prédictive du Secteur des sciences (dont l'exemple le plus flagrant qui me vient à l'esprit est la remonte tardive de saumon rouge de l'été dernier, qui s'est révélée deux fois plus abondante que prévue, soit presque 8 millions de saumons au lieu de 3,6 millions). Il n'est donc pas surprenant que les gestionnaires des pêches se méfient un peu lorsque quelqu'un dit qu'il commence à comprendre ce qui se passe en réalité dans les océans. Les gestionnaires des pêches ont aussi fait face à un bon nombre de changements imposés par les échelons supérieurs au cours des dernières années : les plans de gestion intégrée des pêches, la cogestion, la gestion des pêches axée sur des objectifs et aujourd'hui la LEP. Il a incombé aux gestionnaires des pêches de vendre les trois premières « réformes » aux pêcheurs. Cela n'a pas été facile et ils n'ont pas toujours réussi. Les pêcheurs ont, à tout le moins, l'esprit pratique, et bien plus que les gestionnaires. [Il sera particulièrement ardu de convaincre les gestionnaires des pêches et les pêcheurs d'accepter les répercussions pratiques de la GES.]

Pour ce qui est des répercussions pratiques, la LEP nous fait certainement prendre conscience de la GES. J'ai quelques exemples provenant de la côte Ouest pour le confirmer. Disparue au Canada en raison de la chasse excessive, la loutre de mer a été réintroduite sur la côte Ouest de l'île de Vancouver. Elle est maintenant protégée. Mais ce qui est malheureux pour nous, c'est qu'une population de loutre de mer en bon état ne peut pas coexister avec un certain nombre de pêches commerciales de mollusques. Qui plus est, la loutre mange des ormeaux, une espèce en danger de disparition. Les répercussions pratiques de la GES sont assez évidentes. L'élimination presque totale de toute une remonte de saumon rose dans l'archipel Broughton, situé au nord-est de l'île de Vancouver, est un deuxième exemple très concret. Les saumons amontants passent à côté de nombreuses installations salmonicoles. Rafe Mair (cet animateur réservé d'une émission-débat de Vancouver) dit que ces fermes sont la cause de la disparition de cette remonte. Comme de nombreux environnementalistes, il allègue que l'infestation des saumons d'élevage par le pou du poisson a été transmise aux saumons roses au moment de la montaison. Les scientifiques du Ministère soutiennent qu'il n'y a aucun lien confirmé entre ces deux événements. Ces deux exemples de GES provoquent une vive controverse. Il n'est pas nécessaire de parler des phoques pour faire ressortir le fait que la GES est compliquée; même pour les interactions simples, elle est compliquée non seulement au plan biologique mais aussi au plan éthique. Je ne sais pas

dans quelle mesure les Canadiens sont prêts à affronter certains des choix éthiques épineux qui peuvent découler de la GES.

Cela m'amène à mon point principal à savoir quoi doivent faire les gestionnaires des pêches pour mettre en oeuvre le modèle de GES … ou mieux même, quel modèle de GES sommes-nous capables de mettre en oeuvre? Nous n'avons pas beaucoup d'exemples dont nous pouvons nous inspirer. Sur la côte Est, nous avons les éléments essentiels d'un cadre assez élaboré de GES du poisson de fond dans Scotia Fundy, mais peu de progrès sur le terrain. Sur la côte Ouest, nous avons, depuis un certain temps, un objectif de type GES pour la gestion du hareng. Comme c'est un poisson fourrage, nous avons fixé le plafond des prises à 20 %. Tout cela ne nous amène pas bien loin.

En conclusion, de mon point de vue en tant que gestionnaire des pêches, je soutiens que la mise en oeuvre de la GES doit reposer sur l'établissement d'objectifs opérationnels pratiques. Nous pourrions commencer par deux choses. La première serait de nettement réduire « l'importunité » de la pêche. À sa plus simple expression, cela veut dire des contrôles plus efficaces (et je mets l'accent sur efficaces) de la pêche d'espèces visées et non visées. Cela serait une grande réussite. Il est en outre impératif de mettre sur pied des programmes viables de contrôle des données. Un peu de travail a été effectué sur la pêche sélective et certaines régions contrôlent mieux les données que d'autres. En général, il y a beaucoup à faire. Je maintiens que, du plan de la gestion des pêches, cela constitue l'assise de la GES.

Session/ Séance 3 : Advances in freshwater fisheries and habitat science research/ Progrès dans les recherches scientifiques sur les pêches et l'habitat en eau douce

Topic/ Thème 2 : Freshwater Habitat Science/ Science de l'habitat en eau douce

Importance of habitat on the productivity of inland lakes: An experimental approach/ Importance de l'habitat pour la productivité des lacs intérieurs : une approche expérimentale.

Thomas C. Pratt, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 1 Canal Drive, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 6W4, Tel: (705) 942-2848 Fax: (705) 942-4025 E-mail: PrattT@dfo-mpo.gc.ca / Thomas C. Pratt, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 1, promenade du Canal, Sault Ste-Marie (Ontario) P6A 6W4 Tél. : (705) 942-2848 Téléc. : (705) 942-4025 Courriel : PrattT@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: We tested the effects of habitat removal (coarse wood – 3 treatment and 2 control lakes) and addition (wetland, rubble reef, brush bundle – 1 treatment each addition and 1 control pond) on small aquatic ecosystems from 1998 through to the present. We expected that removing coarse wood from northern lakes would adversely impact fish populations, and that adding habitat structures to abandoned pits and quarries would benefit fish populations. Preliminary analyses indicate that there was no discernible effect on lower trophic levels (phytoplankon and zooplankton), but some demonstrable treatment effects were detected in fish populations. Coarse wood removal significantly affected minnow trap and trap net catch-per-unit-effort (CUE), as small fish increased and large fish decreased in control lakes in comparison to catches in treatment lakes. No differences in total biomass were apparent. Habitat addition significantly increased minnow trap and trap net CUE, total biomass and fish production in the treatment pits and quarries, in comparison to the control pond. Our preliminary results are among the first to demonstrate changes in whole-lake fish populations with the removal or addition of habitat features.

Résumé: Nous avons mesuré les effets de l'enlèvement d'habitats (gros morceaux de bois – trois lacs expérimentaux et deux lacs témoins) et de l'ajout d'habitats (terres humides, récif de pierres de carrière, bottes de broussailles – un lac expérimental par ajout et un étang témoin) sur de petits écosystèmes aquatiques de 1998 à aujourd'hui. Nous nous attendions à ce que l'enlèvement de gros morceaux de bois de lacs nordiques aurait des incidences négatives sur les populations de poisson et que l'ajout d'habitats dans des carrières et des sablières abandonnées les avantageraient. Les analyses préliminaires révèlent qu'il n'y avait aucun effet décelable sur les niveaux trophiques inférieurs (phytoplancton et zooplancton), mais des effets démontrables des traitements ont été décelés chez les populations de poisson. L'enlèvement de gros morceaux de bois a eu des incidences importantes sur les prises par unité d'effort (PUE) à la nasse à mené et à la trappe en filet, le nombre de petits poissons augmentant et le nombre de gros poissons diminuant dans les lacs témoins en comparaison des prises dans les lacs expérimentaux. Aucune différence dans la biomasse totale n'était évidente. L'ajout d'habitats a donné lieu à une forte augmentation des PUE à la nasse à mené et à la trappe en filet, de la biomasse totale et de la production en poissons dans les sablières et les carrières expérimentales en comparaison de l'étang témoin. Nos résultats préliminaires sont parmi les premiers à démontrer des changements dans les populations de poisson d'un lac entier suite à l'enlèvement ou à l'ajout d'habitats.

A spatially-explicit, habitat-based modelling approach for yellow perch populations/ Une approche de modélisation spatialement explicite, reposant sur l'habitat, pour les populations de la perchaude.

S.E. Doka and C.K. Minns, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences,

867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4498 Fax:: (905) 336-6437 E-mail: DokaS@dfo-mpo.gc.ca / S.E. Doka et C.K. Minns, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4498 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : DokaS@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Fish are affected by physical and biological factors that limit space and resources. Physical habitat is inherently variable at different scales, therefore fish habitat use and availability through time and space is important to model. The limited supply of essential habitat can create a threshold that constrains population dynamics, range and abundance. Linking population parameters and rates with habitat supply estimates for specific life stages can help identify potential limits to productivity and thus define 'essential' habitat, which may differ for consecutive life stages. A pilot study of habitat characterisation, suitability analysis, and a spatially-explicit, yellow perch, habitat-based population model has been completed for Long Point Bay, Lake Erie. It is hypothesised that nearshore, vegetated and thermally suitable habitat is critical to the early life stages of yellow perch. The results show how habitat can affect spawning, egg development and young-of-the-year growth and survival in a spatially heterogeneous environment, in particular, how a variable thermal regime in a large embayment can affect the timing and spatial dynamics of a metapopulation. Also, the results demonstrate how knowledge of limiting habitat characteristics, which determine the success of yellow perch, can be used to guide conservation efforts. The framework for the model is flexible and can be applied to other fish species to test habitat-based species interactions.

Résumé : Les poissons sont affectés par les facteurs physiques et biologiques qui limitent l'espace et les ressources. L'habitat physique étant intrinsèquement variable à différentes échelles, il est important de modéliser l'utilisation et la disponibilité de l'habitat du poisson dans le temps et dans l'espace. Lorsque l'habitat essentiel disponible est limité, un seuil pourrait exister à partir duquel la dynamique, l'aire et l'abondance d'une population sont restreintes. L'établissement de rapports entre des paramètres et indices des populations et des estimations de la disponibilité d'habitat pour le poisson à des stades particuliers peut aider à déterminer des seuils potentiels pour la productivité et donc à définir l'habitat « essentiel », qui n'est pas nécessairement le même à différents stades. Une étude pilote de caractérisation de l'habitat ainsi qu'une analyse de sa qualité ont été effectuées dans la baie de Long Point, dans le lac Érié, et un modèle spatialement explicite, reposant sur l'habitat, de la population de la perchaude a été construit. Une hypothèse formulée est que l'habitat enherbé près du rivage qui offre une température appropriée est essentiel pour les premières étapes du cycle biologique de ce poisson. Les résultats indiquent l'influence que peut avoir l'habitat sur le frai, le développement des œufs et la croissance ainsi que la survie des jeunes de l'année dans un milieu spatialement hétérogène. En particulier, ils font ressortir le rôle que peut jouer un régime thermique variable dans une grande baie au niveau du synchronisme et de la dynamique spatiale d'une métapopulation. En outre, les résultats montrent l'utilité de la connaissance des caractéristiques limitantes de l'habitat, qui déterminent le succès de la perchaude, pour guider les efforts de conservation. Le modèle a un cadre souple qui peut être appliqué à d'autres espèces de poissons pour tester leurs interactions se rapportant à l'habitat.

A preliminary assessment of habitat utilization and meso-habitat production within a small freshwater system of insular Newfoundland: Investigating the linkages between lentic and lotic habitats/ Évaluation préliminaire de l'utilisation des habitats et de la production de mésohabitats dans un petit écosystème d'eau douce de l'île de Terre-Neuve : étude des liens entre habitats lentiques et lotiques.

Keith D. Clarke, Martha J. Robertson and David A. Scruton, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, Science, Oceans and Environment Branch, Northwest Atlantic Fisheries Centre, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-2907 Fax:: (709) 772-5315 E-mail: ClarkeKD@dfo-mpo.gc.ca / Keith D. Clarke, Martha J. Robertson et David A. Scruton, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-2907 Téléc. : (709) 772-5315 Courriel : ClarkeKD@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Freshwater systems in insular Newfoundland are generally characterized by a depauperate fish assemblage and low production leading to niche expansion for many species. Thus, many of the classical habitat associations described in the literature are only generally applicable for Newfoundland populations, and individuals may exhibit large inter-habitat migrations at a variety of spatial and temporal scales. An ongoing project was initiated in Stoney Brook, located on the southern Avalon Peninsula, during the summer of 2000 to investigate life-stage specific and temporal variability in habitat utilization and its impact on the productive capacity of this system. Population estimates were calculated within distinct meso-habitats of the stream and lake at the beginning and end of each growing season to provide habitat-specific production estimates. Sampling was also conducted within the lake during mid-summer and late fall to investigate changes in utilization patterns. During all sampling periods, a sub-sample of fish captured were tagged (small plastic floy tags) to evaluate the inter-habitat migrations. A sub-project investigating habitat utilization and movement of juvenile Atlantic salmon during winter will also be discussed.

Résumé: Les écosystèmes d'eau douce de l'île de Terre-Neuve se caractérisent en général par une ichtyofaune pauvre et une faible production, entraînant l'expansion de nombreuses espèces vers des niches. En conséquence, beaucoup d'associations de poissons à des habitats considérées classiques ne s'appliquent que de façon générale aux populations de Terre-Neuve; les poissons individuellement peuvent effectuer d'importantes migrations entre habitats à diverses échelles spatiales et temporelles. Au cours de l'été 2000, une étude a été entreprise dans le ruisseau Stoney, situé dans le sud de la presqu'île Avalon, afin de mieux connaître la variabilité temporelle et spécifique, en fonction des stades biologiques, de l'utilisation des habitats et de déterminer ses impacts sur la capacité de production de l'écosystème. Des estimations de la population dans des mésohabitats distincts du cours d'eau et du lac au début et à la fin de chaque saison de croissance ont été produites en vue d'estimer la production particulière de différents habitats pour chaque saison de croissance. Des échantillons ont également été prélevés dans le lac au milieu de l'été et à la fin de l'automne en vue d'étudier les changements dans les patrons d'utilisation. Au cours de toutes les périodes d'échantillonnage, un sous-échantillon des poissons capturés ont été étiquetés (petites étiquettes spaghetti de plastique) en vue d'évaluer les migrations entre habitats. Un sous-projet étudiant l'utilisation des habitats et les déplacements des saumons atlantiques juvéniles au cours de l'hiver sera également examiné.

An adaptive management experiment for instream flows: The Bridge River/ Expérience de gestion adaptative des débits dans la rivière Bridge.

Mike Bradford, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Simon Fraser University, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby, British Columbia V5A 1S6 Tel.: (604) 666-7912 Fax: (604) 666-1995 E-mail: BradfordM@pac.dfo-mpo.gc.ca / Mike Bradford, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Université Simon Fraser, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby (Colombie-Britannique) V5A 1S6 Tél. : (604) 666-7912 Téléc. : (604) 666-1995 Courriel : BradfordM@pac.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The provision of advice for instream flow regimes in regulated rivers is challenging. None of the available methods have been adequately tested, and the various methods can generate very different recommendations for the flows required to protect aquatic resources. I describe an Adaptive Management experiment for the Bridge River, British Columbia designed to provide information on the relation between flow and the productive capacity for this system. Historically, a dam and diversion system resulted in the complete dewatering of 5 km of habitat, and greatly diminished flows further downstream. A 16-year experiment, consisting of four 4-year treatments was started in 1996 as a result of agreements between BC Hydro, DFO and provincial agencies. Preliminary results and the challenges of conducting such an experiment are discussed.

Résumé: La formulation de recommandations concernant les régimes d'écoulement des cours d'eau régularisés représente un défi de taille. Aucune des méthodes disponibles n'a été testée de façon appropriée, et les recommandations pour assurer le débit essentiel à la protection des ressources

aquatiques peuvent être très différentes selon la méthode employée. Mon exposé porte sur une expérience de gestion adaptative du débit de la rivière Bridge, en Colombie-Britannique, dont l'objectif était de fournir de l'information sur le rapport entre le débit et la capacité de production du réseau hydrographique. Un barrage et un système de dérivation ont par le passé causé l'assèchement de la rivière sur 5 km ainsi qu'une réduction importante du débit plus en aval. Une expérience d'une durée prévue de 16 ans, comportant quatre traitements de quatre ans, a été entreprise en 1996, conformément à des ententes conclues entre BC Hydro, le MPO et des organismes provinciaux. Je présente les résultats préliminaires de cette expérience et je donne un aperçu des défis que comporte la réalisation d'une telle expérience.

Effectiveness of riparian buffers for maintaining hydrologic, thermal and biological functions of small headwater streams/ Efficacité des zones tampons riveraines à maintenir les fonctions hydrologiques, thermiques et biologiques des petits cours d'eau d'amont. J.S. Macdonald, E.A. MacIsaac and H.E. Herunter, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Simon Fraser University, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby, British Columbia V5A 1S6 Tel.: (604) 666-7910 Fax: (604) 666-1995 E-mail: MacDonaldSt@pac.dfo-mpo.gc.ca *and* P.G. Beaudry, P. Beaudry and Associates Ltd., 7700 St Mark Crescent, Prince George, British Columbia V2N 4B8 / J.S. Macdonald, E.A. MacIsaac et H.E. Herunter, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique Université Simon Fraser, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby (Colombie-Britannique) V5A 1S6 Tél. : (604) 666-7910 Téléc. : (604) 666-1995 Courriel : MacDonaldSt@pac.dfo-mpo.gc.ca *et* P.G. Beaudry, P. Beaudry and Associates Ltd., 7700, croissant St Mark, Prince George (Colombie-Britannique) V2N 4B8

Abstract: Under current BC forest practice regulations, small headwater streams (<3 m) have no mandatory riparian buffer reserves, allowing a variety of riparian vegetation treatments to protect stream functions. We evaluated the effects of three different 30-m riparian buffer treatments on small headwater streams in the northern interior of BC: 1) all merchantable riparian timber harvested, 2) only large merchantable timber harvested, and 3) a "patch cut" with the top 40% of the stream clear-cut. Relative to the control streams, none of the buffer treatments were effective at eliminating stream temperature increases (mean, maximum and range) or at moderating increases in peak spring discharges. Short-term increases in suspended sediments were also apparent in the streams. Benthic invertebrates showed marked changes in abundance and diversity in the most aggressive harvesting treatments, with reductions in detrivore and shredder functional groups. In general, changes in the hydrologic, thermal, and biologic characteristics of the streams varied with the amount of riparian vegetation left in reserve, but none of the treatments completely protected the streams from the effects of the surrounding clear-cuts.

Résumé: En vertu du code d'exploitation forestière actuel de la C.-B., les petits cours d'eau d'amont (< 3 m) ne doivent pas obligatoirement être bordés par des zones tampons, ce qui permet l'utilisation d'une vaste gamme de traitements de la végétation riveraine pour protéger les cours d'eau. Nous avons évalué les effets de trois types de traitements dans des zones tampons riveraines de 30 m au bord de petits cours d'eau d'amont dans l'Intérieur de la C.-B. : 1) récolte de tout le bois d'oeuvre marchand; 2) récolte du bois d'oeuvre marchand de grosses dimensions seulement; 3) coupe par trouées avec coupe à blanc sur les 40 % supérieurs. Comparativement aux cours d'eau témoins, aucun des traitements n'a empêché la hausse de la température des cours d'eau (moyenne, maximale et intervalle) ni modéré l'augmentation des débits printaniers maximums. Nous avons également remarqué des hausses à court terme de la concentration de sédiments en suspension. L'abondance et la diversité des invertébrés benthiques ont été nettement modifiées aux emplacements où les traitements ont été les plus intenses. À ces endroits, les effectifs des groupes fonctionnels des détritivores et des déchiqueteurs ont diminué. En général, les changements des caractéristiques hydrologiques, thermiques et biologiques des cours d'eau ont varié en fonction de la quantité de végétation riveraine non récoltée, mais aucun traitement n'a protégé entièrement les cours d'eau des effets des coupes à blanc à proximité.

Effects of marine-derived nutrients from sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) on the productivity of their stream and lake habitats/ Effets des nutriments d'origine marine issus du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) sur la productivité de son habitat fluvial et lacustre. Erland MacIsaac, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Simon Fraser University, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby, British Columbia V5A 1S6k Tel.: (604) 666-7917 Fax: (604) 666-1995 E-mail: MacIsaacE@pac.dfo-mpo.gc.ca *and* Tom Johnston, British Columbia Provincial Fisheries Branch, University of British Columbia, 2204 Main Mall, Vancouver, British Columbia V6T1Z4 E-mail: tom.johnston@gems3.gov.bc.ca / Erland MacIsaac, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Université Simon Fraser, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby (Colombie-Britannique) V5A 1S6 Tél. : (604) 666-7917 Téléc. : (604) 666-1995 Courriel: MacIsaacE@pac.dfo-mpo.gc.ca *et* Tom Johnston, British Columbia Provincial Fisheries Branch, Université de la Colombie-Britannique, 2204 Main Mall, Vancouver (Colombie-Britannique) V6T1Z4 Courriel : tom.johnston@gems3.gov.bc.ca

Abstract: Sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) return to spawn in their natal streams and lakes and deposit significant amounts of marine-derived nutrients (MDN) (specifically nitrogen, phosphorous, and organic carbon) in the form of spent carcasses. We conducted spawning-stream and rearing-lake studies in British Columbia to determine the amount and fate of MDNs in the stream and lake environments and the effects of MDNs on habitat productivity. The ^{15}N stable isotope is enriched in salmon relative to their freshwater habitats and was used as a tracer in both stream and lake environments to track inputs of MDNs. Stream nutrient budgets and carcass decomposition experiments showed a 25-35 day peak in MDN concentrations in the streams following spawning which could be reliably modeled. Stream periphyton and invertebrates showed large growth increases and incorporation of MDNs into biomass. Less than 30% of the MDNs were retained in the streams, with the majority exported downstream to sockeye lake-rearing habitats. Lake-sediment cores showed significant correlations between phytoplankton or zooplankton productivity and the historical level of MDN loadings from carcasses to the lake. Carcass MDNs significantly increase the productivity of sockeye stream-spawning and lake-rearing habitats and historically high rates of harvesting of returning sockeye may have seriously reduced the productive capacity of sockeye streams and lakes for salmon and other fish species.

Résumé : Le saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) revient frayer dans les cours d'eau et les lacs où il est né et y laisse des quantités importantes de nutriments d'origine marine (en particulier, de l'azote, du phosphore et du carbone organique) sous la forme de carcasses. Nous avons mené des études de cours d'eau de ponte et de lacs d'alevinage de la Colombie-Britannique en vue de déterminer la quantité et le devenir de ces nutriments dans les milieux lotique et lénitique et leurs effets sur la productivité de l'habitat. L'isotope lourd ^{15}N étant enrichi chez le saumon par rapport à ses habitats en eau douce, nous l'avons utilisé comme indicateur dans les milieux lotique et lénitique pour identifier les apports en nutriments d'origine marine. Les bilans nutritifs de cours d'eau et des expériences de décomposition des carcasses ont révélé un pic des teneurs en nutriments entre 25 et 35 jours après la fraye qui pouvait être modélisé de façon fiable. Le périphyton et les invertébrés retrouvés dans les cours d'eau montraient de fortes accélérations de la croissance suite à la transformation des nutriments en biomasse. Moins de 30 % des nutriments sont demeurés dans les cours d'eau, la plus grande partie ayant été transportés vers l'aval dans les habitats lacustres d'alevinage du saumon rouge. Des carottes de sédiments lacustres ont révélé une forte corrélation entre la productivité phytoplanctonique ou zooplanctonique et le niveau historique des apports lacustres en nutriments d'origine marine provenant des carcasses. Ces nutriments sont à l'origine d'une augmentation importante de la productivité des habitats lotiques de fraye et des habitats lénitiques d'alevinage du saumon rouge. Les taux d'exploitation élevés du saumon rouge amontant par le passé peuvent avoir fortement réduit la capacité de production des cours d'eau et des lacs à saumon rouge fréquentés par le saumon et d'autres espèces.

En route loss during sockeye spawning migrations: The influence of unfavourable environmental conditions in the Fraser River/ Pertes sur la route de migration de frai du saumon rouge : L'influence des conditions environnementale défavorables dans le fleuve Fraser.

J. Stevenson Macdonald[1], Ian Guthrie[2] and David Patterson[1], [1]Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Simon Fraser University, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby, British Columbia V5A 1S6 Tel.: (604) 666-7910 Fax: (604) 666-1995 E mail:MacDonaldSt@pac.dfo-mpo.gc.ca ; [2]Pacific Salmon Commission, 600 - 1155 Robson Street, Vancouver, BC V6E 1B5 / , [1]Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Université Simon Fraser, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby (Colombie-Britannique) V5A 1S6 Tél. : (604) 666-7910 Téléc. : (604) 666-1995 Courriel : MacDonaldSt@pac.dfo-mpo.gc.ca

Introduction

Programs to investigate the influence of environmental conditions in the Fraser River, on sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) spawning migrations have been in existence for over 30 years. Two recent reviews, the Pearce-Larkin Report and the Fraser Report, have provided the impetus to consider this issue a priority. The theme central to 30 years of investigations, is the belief that a link exists between the spawning success of stocks of Fraser River salmon and the water temperatures and river discharge experienced by the fish along the migration path. Most vulnerable are Fraser sockeye returning in June, July and August including the early Stuart, early summer and summer stock groups, but late groups are also likely influenced by severe river conditions. In recent years late-run stocks have exhibited extraordinary high levels of mortality in association with early river entry and upstream migration. Stock productivity has been threatened, rebuilding initiatives are delayed, and in-season fishery management is exceedingly difficult.

The purpose of this project is to identify those environmental conditions that have influenced the migration success of four run timing groups of sockeye salmon in the Fraser River from 1977 to the present, thus providing insight into the root causes of en route loss. Environmental variables such as river discharge and temperature have been collected in the lower river since 1912 and 1941, respectively. Using these variables, we propose a method to adjust lower-river spawning escapement targets to account for the losses associated with extreme environmental events and abnormal migration timing. A general linear model (GLM) is created to predict the difference between lower-river and upper-river estimates of escapement based on water temperature, discharge, abundance and timing data. During the fishing season, "environmental management adjustment" (EMA) estimates are produced from the model, based on forecasts of river conditions, that maximize the likelihood of achieving spawning escapement targets. The proposed method will increase the chance of achieving escapement targets when migration conditions are difficult.

Methods

The response variable in the model describes the difference between lower-river (*LoRiv*) and upper-river (*UpRiv*) estimates of spawning escapement and is expressed as the natural logarithm of the ratio between these estimates. Thus:

$$Y = \ln(LoRiv) - \ln(UpRiv) = \ln(\frac{LoRiv}{UpRiv}) = a + b_1 X_1 + b_2 X_{2+\ldots},$$

where a, b_1 and b_2 represent the regression parameters, and X_1 and X_2 represent environmental predictor variables. Alternatively, the exponent of the response variable equals the ratio between the lower-river and upper-river estimates.

$$\exp(Y) = \frac{LoRiv}{UpRiv}.$$

This is a convenient and intuitive way of expressing the difference between estimates. An exp(Y) value of 1 means the estimates are the same, while a value greater than 1 means the abundance estimate in the lower-river was larger than the upper-river estimate.

The result can be expressed as a rate that can be applied to the spawning escapement target (SET - at Mission, BC), after the addition of the anticipated catches in recreational and native fisheries (the gross escapement), to predict the numerical difference between upper and lower-river estimates and to estimate the necessary management adjustment. To calculate the size of the management adjustment (EMA) in fish units, the calculation would be:

$$EMA = SET * (\exp(Y) - 1).$$

Results and Discussion

Basing the management of Fraser River sockeye on relationships between estimates of Mission and spawning ground escapement is merited, considering the strong relationship between these estimates for each of the four run-timing groups (Figure 1). For the Summer and Late runs, differences between the estimates fall on both sides of the 1:1 line, which suggests that Mission and spawning escapement estimates are relatively unbiased and most natural and fishery-induced mortality in the river can be explained within the normal variation associated with the estimation methods. For Early Stuart and Early Summer groups, however, the lower-river estimates tend to be higher than the upriver estimates. Significant to our analysis is that during years when river temperatures or discharges are unfavourable (Figure 1), lower-river escapement estimates exceed spawning ground estimates, suggesting the occurrence of en route loss in the river. Furthermore, during each run-timing period there was significant statistical power among the environmental and timing variables (transformed to PC scores) to predict the differences between abundance at Mission and the spawning grounds (response variable, Y)($p<0.05$).

The ratio of differences among the Summer and Late-run groups is predicted best using single predictor models (Table 1). The Summer-run model indicates that high water temperature can impede Summer-run migration. Early entry to the Fraser system of Late-run sockeye is clearly the variable driving their en route losses ($p<0.0001$, Table 1) and provides the best predictive model among all of the run-timing groups ($r^2 = 92.2\%$). High water temperature has more influence on the differences in estimates since 1977 than high discharge for the Early Stuart group, but both are required to optimise our prediction (Table 1). Similarly, difference in estimates for the Early Summer group is best modelled with two predictor variables (discharge and temperature), but the discharge component (particularly Q>7000cms, PCII) has the greatest value as a predictor (Tables 1).

Comparisons of actual lower-river escapement estimates with estimates that have been modified by the EMA models, to account for the influence of migration conditions, show a great deal of agreement with the 1:1 line (Figure 2). The application of the EMA to lower-river escapement targets improved the likelihood of achieving spawning escapement targets for each run-timing group. This is particularly true in years with extreme migration conditions (high discharge or temperature), when lower-river escapement estimates alone underestimate the spawning ground estimates (Figure 1). The environmental management adjustment provides a simple and reliable method to incorporate the environmental conditions along the migration pathway into Fraser sockeye management protocols. Therefore, our ability to monitor and forecast these conditions in conjunction with accurate stock strength estimates are fundamental to our ability to improve the methods we manage Fraser River sockeye.

Table 1. Selection of the "best" models for each run-timing group, showing the predictor variables, parameter estimates and performance measures. (RMSE = root mean square error.)

Variables		Parameter Values			Model Performance		
i 1	i 2	a	i 1	i 2	Adj. R^2	Prob.	RMSE
Early Stuart							
#days T>17.7°C	Mean Discharge	-1.2677	0.1171	2.81E-04	46.0%	0.0021	0.4534
Early Summer							
#days Q>7000cms	Mean Temperature	-2.8384	0.1605	0.1756	53.3%	<0.0001	0.3521
#days Q>7000cms	#days T>17.7°C		0.1519	0.0290	a	<0.0001	0.3514
Summer							
#days T>18.8°C		-0.1185	0.0235		26.0%	0.0054	0.2227
Mean Temperature		-2.3832	0.1329		21.1%	0.0122	0.2300
Late-Lates							
50% Mission Date		19.431	-0.0735		92.2%	<0.0001	0.3130

a Adjusted R^2 not directly comparable to results from models with intercept.

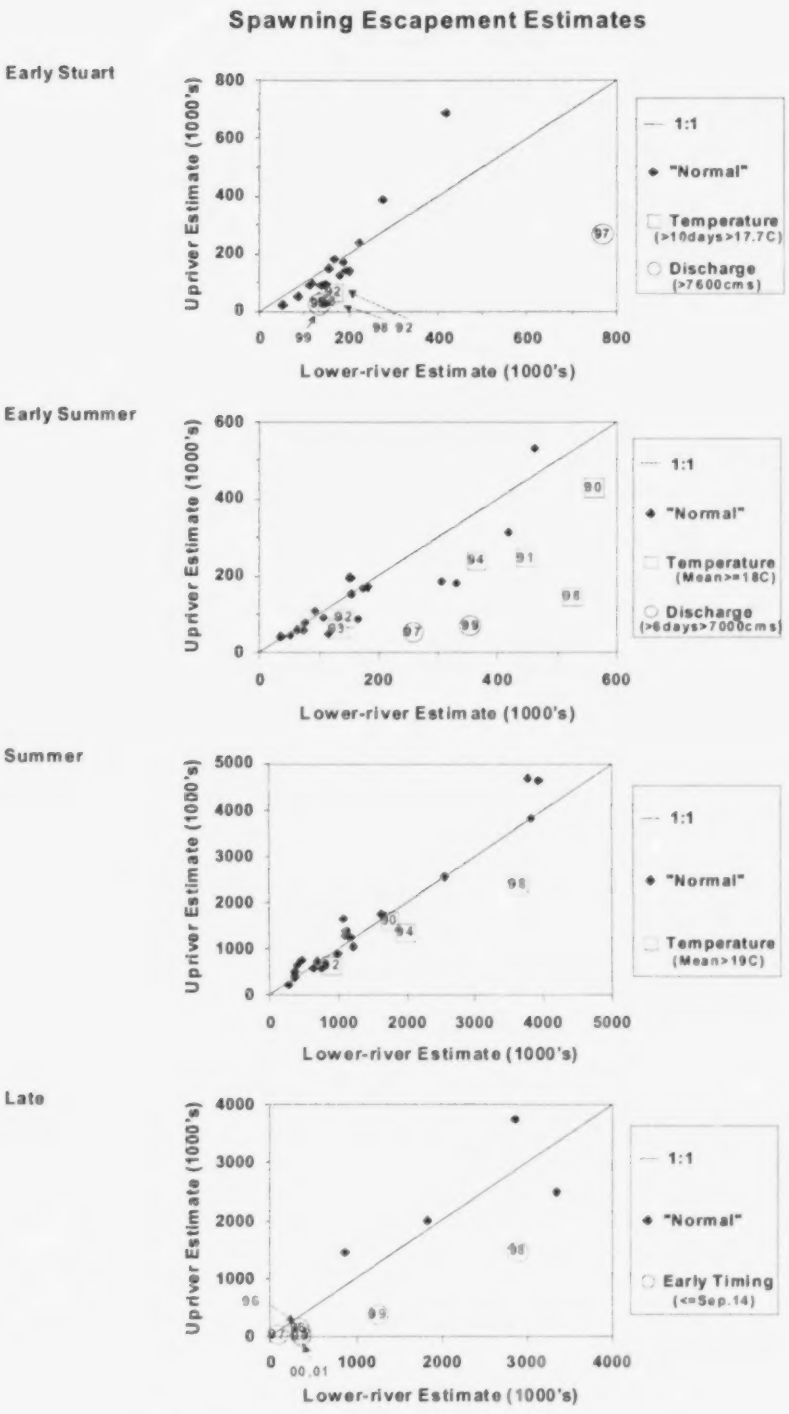


Figure 1. Comparison of lower-river (in-season) and upriver (post-season) estimates of spawning escapement for each run-timing group, showing years of extreme temperature or discharge for early and summer stocks, and 50% migration date at Mission for the Late run (excluding Birkenhead).

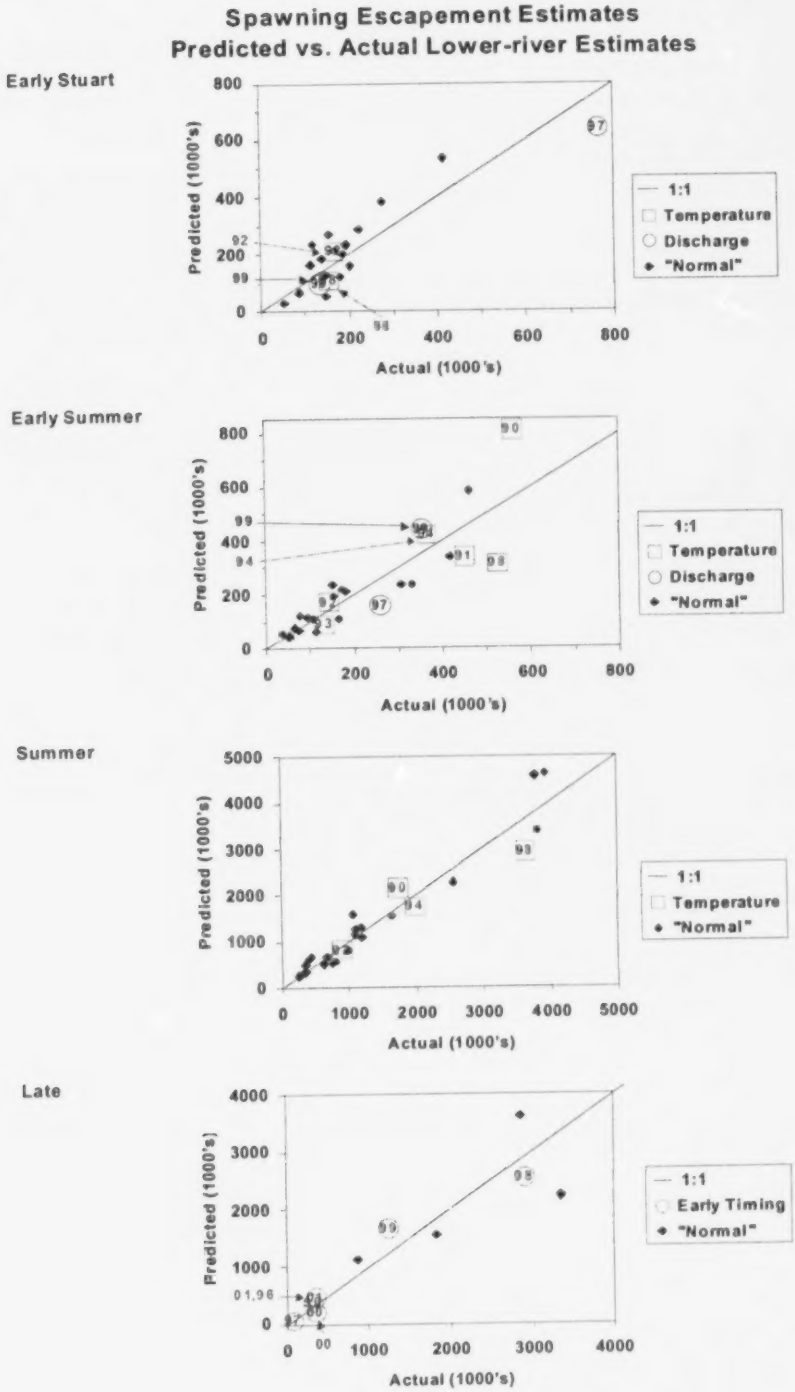


Figure 2. Predicted versus actual lower-river spawning escapement estimates derived from the "best" environmental management adjustment models for each run-timing group (Table 1), showing years of extreme temperature or discharge for early and summer stocks, and 50% migration date at Mission for the Late run.

Introduction

Les programmes pour étudier l'influence des conditions environnementales sur les migrations de frai du saumon rouge (*Oncorhynchus nerka*) dans le fleuve Fraser existent depuis plus de 30 années. Deux revues récentes, le rapport de Pearce-Larkin et le rapport Fraser, ont fourni l'élan nécessaire afin de considérer cette question comme prioritaire. Le thème principal au cours de plus de 30 ans d'étude a été la croyance qu'un lien existe entre les effectifs de saumons géniteurs du fleuve Fraser et les températures de l'eau et le débit du fleuve subits par les poissons le long de la voie de migration. Les plus vulnérables sont les saumons rouges du fleuve Fraser retournant en juin, juillet et août comprenant les stocks de montaison hâtive de la Stuart, les groupes de stocks du début d'été et d'été, mais les groupes de la fin d'été sont également probablement influencés par les conditions rigoureuses du fleuve. Ces dernières années les stocks de montaison tardive ont eu des niveaux de mortalité extraordinairement élevés associés avec la montaison hâtive et la remontée. La productivité des stocks a été menacée, les initiatives de la reconstruction sont retardées, et la gestion de la pêche pendant la pleine saison est excessivement difficile.

Le but de ce projet est d'identifier ces conditions environnementales qui ont influencé les effectifs de géniteur de quatre groupes de montaison de géniteur de saumon rouge du fleuve Fraser à partir de 1977 jusqu'à aujourd'hui, de ce fait fournissant un aperçu des raisons fondamentales des pertes sur la route de migration. Des variables environnementales telles que le débit du fleuve et la température ont été recueillies dans le bas fleuve depuis respectivement 1912 et 1941. En utilisant ces variables, nous proposons une méthode pour ajuster les cibles d'échappée de géniteur du bas fleuve pour expliquer les pertes liées aux événements environnementaux extrêmes et au facteur temps de migration anormale. Un modèle linéaire général (MLG) est créé afin de prédire la différence entre les estimations d'échappement du bas fleuve et du haut fleuve basées sur des données de température d'eau, de débit, d'abondance et de temps. Pendant la période de pêche, des estimations de «la mise au point de la gestion environnementale» (EMA) sont produites à partir du modèle, basées sur les prévisions des conditions du fleuve, qui maximisent la probabilité de réaliser les cibles d'échappée de géniteur. La méthode proposée augmentera la possibilité de réaliser les cibles d'échappée quand les conditions de migration sont difficiles.

Méthods

La variable réponse du modèle représente la différence entre les estimations d'échappement du bas fleuve (*LoRiv*) et celles du haut fleuve (*UpRiv*) et est déterminée par le logarithme népérien du rapport entre ces estimations. Alors :

$$Y = \ln(LoRiv) - \ln(UpRiv) = \ln(\frac{LoRiv}{UpRiv}) = a + b_1 X_1 + b_2 X_{2+\ldots},$$

où a, b_1 *et* b_2 représentent les paramètres de régression, et X_1 et X_2 représentent les prédicteurs environnementaux. Ou bien, l'exposant de la variable réponse est égal au rapport entre les estimations du bas fleuve et celles du haut fleuve.

$$\exp(Y) = \frac{LoRiv}{UpRiv}$$

Ceci est une façon pratique et intuitive d'exprimer la différence entre les estimations. Pour exp(*Y*) = 1, les estimations sont égales, tandis que pour exp(*Y*) > 1, l'estimation d'abondance du bas fleuve est plus grande que celle du haut fleuve.

Le résultat peut être exprimé en un taux qui peut être appliqué à une cible d'échappée de géniteur (SET – Mission), après avoir ajouté les prises anticipées des pêches récréatives et autochtones (échappée brute), pour prévoir la différence numérique entre les estimations du bas fleuve et celles du haut fleuve et pour estimer la mise au point de la gestion qui sera nécessaire. Pour calculer la grandeur de la mise au point de la gestion (EMS) en unités de poisson, le calcul serait :

$$EMA = SET * (\exp(Y) - 1)$$

Résultats et Discussion

Le lien entre les estimations pour chacun des quatre groupes de géniteur à montaison (Figure 1) est assez fort pour fonder la gestion du saumon rouge du fleuve Fraser sur les rapports entre les estimations parvenant de Mission et l'échappée de géniteur. Pour la montaison d'été et la montaison tardive, les différences entre les estimations tombent des deux côtés de la ligne de 1:1, ce qui suggère que les estimations de Mission et celles d'échappée de géniteur sont relativement impartiales et que la plupart de la mortalité naturelle et la mortalité causée par la pêche dans le fleuve peut être expliquée par la variation normale liée aux méthodes d'estimation. Cependant, pour les groupes hâtifs Stuart et du début de l'été, les estimations du bas fleuve tendent à être plus hautes que les évaluations du haut fleuve. Notre analyse indique de façon significative que pendant les années où les températures ou les débits du fleuve sont défavorables (Figure 1), les estimations d'échappement du bas fleuve excèdent les estimations de frayère, ce qui semble indiquer qu'il y a des pertes sur la route de migration dans le fleuve. En outre, pendant chaque période de montaison de géniteur il y avait une puissance statistique significative parmi les variables environnementales et les variables de temps (transformées au format PC) pour prévoir les différences entre l'abondance à Mission et l'abondance aux frayères (variable réponse, *Y*) ($p<0.05$).

Le rapport entre les différences parmi les groupes de montaison d'été et les groupes de montaison tardive est mieux prédit en utilisant les modèles avec un seul prédicteur (Tableau 1). Le modèle de montaison d'été indique que la température élevée de l'eau peut empêcher la migration d'été. L'entrée hâtive des saumons rouge de montaison tardive dans le système du Fraser est clairement la variable qui pousse leurs pertes durant la remontée ($p<0.0001$, Tableau 1) et qui fournit le meilleur modèle prédictif parmi tous les groupes de montaison de géniteur ($r^2 = 92,2\%$). Les différences entre les estimations depuis 1977 pour le groupe hâtif de la Stuart sont influencées plus par la température élevée de l'eau que par le haut débit, mais les deux sont nécessaire pour optimiser notre prévision (Tableau 1). Dans le même ordre d'idée, la différence entre les estimations pour le groupe à montaison de début d'été est mieux modélisée avec deux prédicteurs (débit et température), mais le composant de débit (en particulier Q>7000cms, PCII) s'est avéré un prédicteur plus important (Tableaux 1).

Les comparaisons entre les estimations réelles d'échappement du bas fleuve et les estimations qui ont été modifiées par les modèles d'EMA, pour expliquer l'influence des conditions de migration, sont en très bon accord avec la ligne de 1:1 (Figure 2). L'application de l'EMA aux cibles d'échappement du bas fleuve a amélioré la probabilité de réaliser les cibles d'échappée de géniteur pour chaque groupe de montaison de géniteur. C'est particulièrement vrai pour les années où il existe des conditions de migration extrêmes (débit ou température élevée), quand les estimations d'échappement du bas fleuve sous-estiment les estimations de frayère. (Figure 1). La mise au point de la gestion environnementale fournit une méthode simple et fiable pour incorporer les conditions environnementales le long de la voie de migration aux protocoles de gestion du saumon rouge du Fraser. Par conséquent, notre capacité de surveiller et de prédire ces conditions en utilisant parallèlement les estimations précises des stocks est fondamentale à notre capacité d'améliorer les méthodes de contrôler le saumon rouge du fleuve Fraser.

Tableau 1. Sélection du meilleur modèle pour chaque groupe de montaison de géniteur, indiquant les prédicteurs, les estimations des paramètres et les mesures statistiques évaluant la qualité prédictive du modèle. (RMSE=erreur quadratique moyenne).

Variables		Valeurs des paramètres			Mesures statistiques modèle		
í1	í2	a	í1	í2	Adj. R^2	Prob.	RMSE
Stuart hâtif							
#jours T>17.7°C	Débit moyen	-	0.117	2.81E-	46.0	0.002	0.453
Début d'été							
#jours Q>7000cms	Température moyenne	-	0.160	0.175	53.3	<0.000	0.352
#jours Q>7000cms	#jours T>17.7°C		0.151	0.029	*a*	<0.000	0.351
Été							
#jours T>18.8°C		-	0.023		26.0	0.005	0.222
Température moyenne		-	0.132		21.1	0.012	0.230
Tardif-Tardifs							
50% Mission Date		19.43	-		92.2	<0.000	0.313

a R^2 ajusté n'est pas directement comparable aux résultats des modèles à intercept.

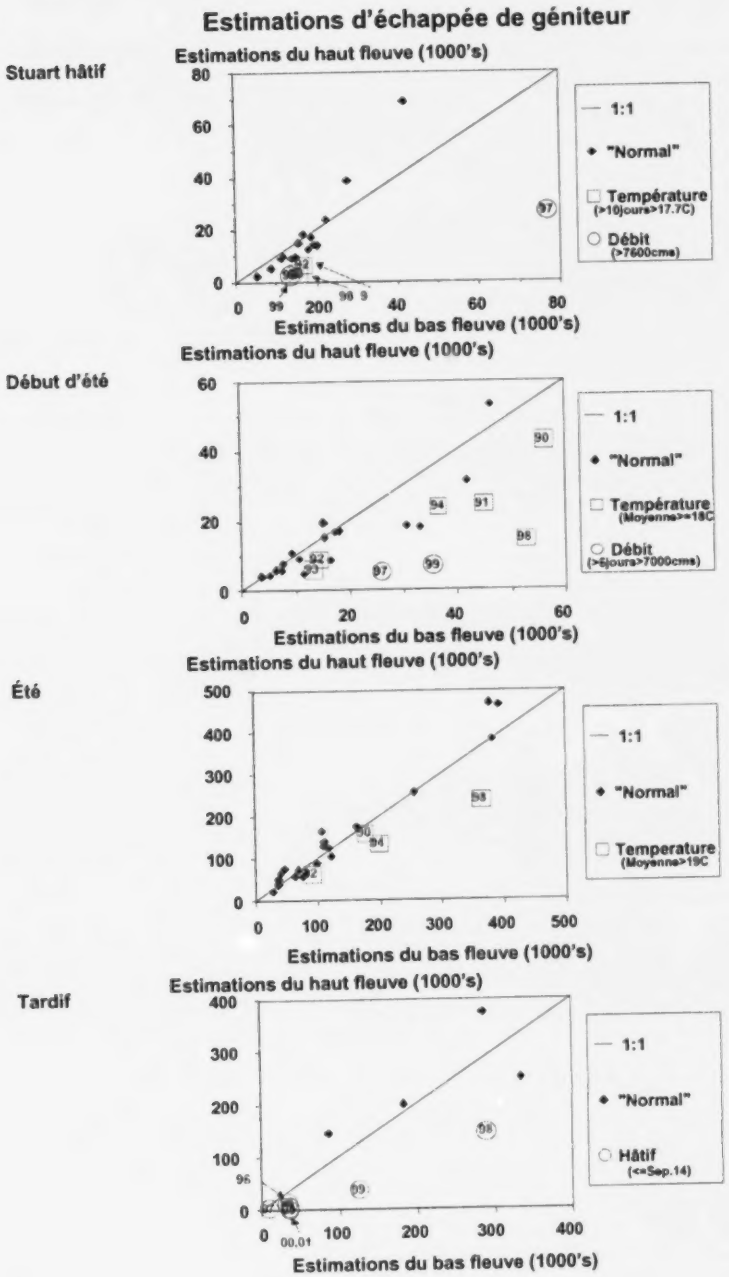


Figure 1 : Comparaison entre les estimations du bas fleuve (pleine saison) et les estimations du haut fleuve (après la saison) d'échappée de géniteur pour chaque groupe de montaison de géniteur, indiquant les années de température ou de débit extrême pour les stocks hâtifs et les stocks d'été, et la date où la migration des stocks tardifs à Mission est à 50% (excluant Birkenhead).

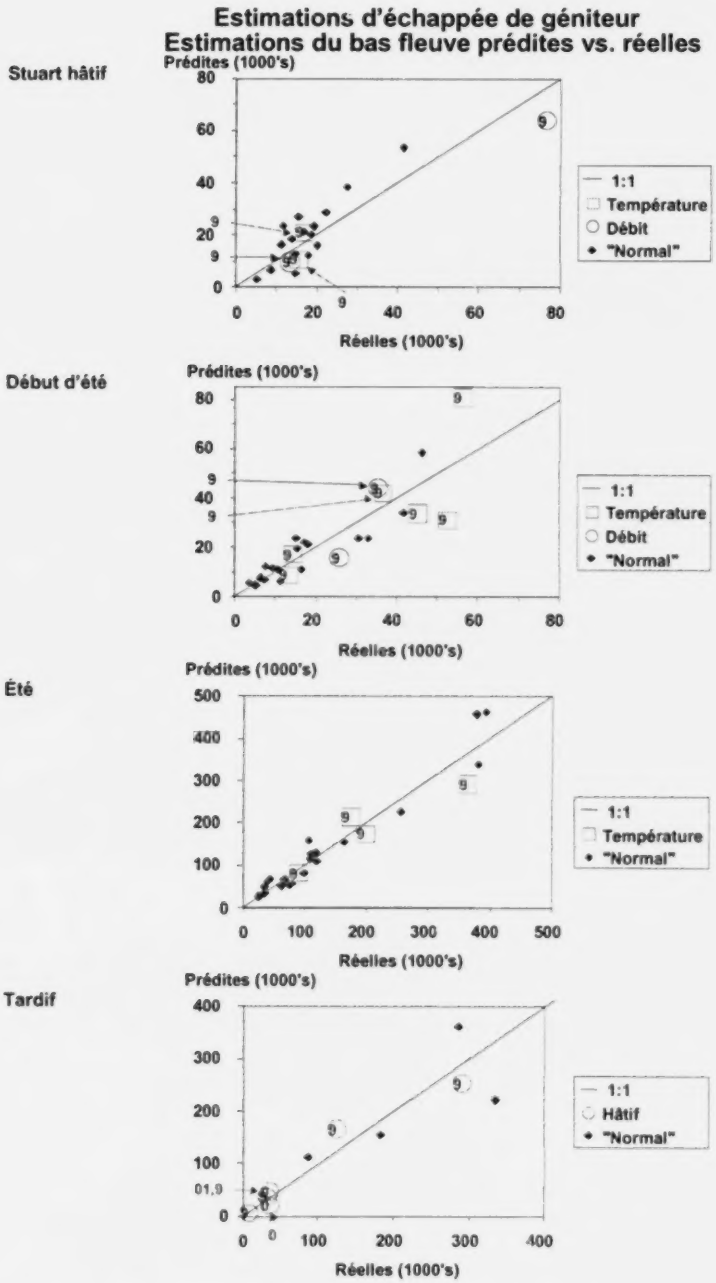


Figure 2 : Les estimations d'échappée de géniteur du bas fleuve prédites comparées aux estimations actuelles dérivées des meilleurs modèles de mise au point de la gestion environnementale pour chaque groupe de montaison de géniteur, indiquant (Tableau 1) les années de température ou de débit extrême pour les stocks hâtifs et les stocks d'été, et la date où la migration des stocks tardifs à Mission est à 50%.

Fish and invertebrate populations of natural, dyked and riprapped banks of the Assiniboine and Red Rivers, Manitoba/ Populations de poissons et d'invertébrés en bordure des rives naturelles, protégées par des digues et protégées par des enrochements des rivières Assiniboine et Rouge, au Manitoba. D.A. Watkinson, W.G. Franzin and C.L. Podemski, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N3 Tel.: (204) 983-5142 Fax: (204) 984-2402 E-mail: WatkinsonD@dfo-mpo.gc.ca / D.A. Watkinson, W.G. Franzin et C.L. Podemski, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N3 Tél. : (204) 983-5142 Téléc. : (204) 984-2402 Courriel : WatkinsonD@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Armouring and dyking of stream banks to reduce erosion and to provide flood protection for property is common practice in streams and rivers throughout the United States and Canada. Effects of these practices on fish and fish habitat are poorly known. We initiated this survey-level study in response to concerns from fish habitat managers charged with reviewing referrals under the Fisheries Act of bank protection activities on Manitoba rivers. Fish and benthic invertebrates of the Assiniboine and Red rivers, Manitoba, were sampled on natural and modified banks to determine if fish and invertebrate populations of these habitats differed. Overall fish abundances along riprapped and armoured dyke bank sites of the Assiniboine and Red rivers were significantly higher than at natural bank sites. The abundance of certain species of suckers (Catostomidae) and carp (*Cyprinus carpio*), fish that feed primarily on benthic invertebrates, was higher on riprap. However, we found no significant correlation between total invertebrate abundance and total fish abundance in either river. Indices of invertebrate and fish diversity and richness did not differ significantly between site-types. Our study suggests that modifying stream banks potentially may have a profound effect on the fish and invertebrate communities of the Assiniboine and Red rivers.

Résumé : La construction d'enrochements et de digues pour réduire l'érosion des rives et protéger les propriétés contre les inondations est pratique courante au Canada et aux États-Unis. Ses effets sur le poisson et son habitat ne sont pas bien connus. Nous avons entrepris cette étude, à l'échelle d'un relevé, à la suite de préoccupations exprimées par des gestionnaires de l'habitat du poisson chargés d'examiner des renvois, en vertu de la Loi sur les pêches, de projets de protection de rives au Manitoba. Des échantillons de poissons et d'invertébrés benthiques ont été prélevés près de rives naturelles et modifiées des rivières Assiniboine et Rouge dans cette province pour déterminer si les populations de ces habitats étaient différentes. Dans l'ensemble, les résultats ont indiqué que le poisson était significativement plus abondant aux endroits où les rives étaient protégées qu'en bordure des rives naturelles. Certaines espèces de meuniers (catostomidés) et de carpes (*Cyprinus carpio*), poissons qui se nourrissent principalement d'invertébrés benthiques, sont apparues plus abondantes près des enrochements. Toutefois, nous n'avons mis en évidence de corrélation significative entre l'abondance totale des invertébrés et l'abondance totale des poissons dans aucune des rivières. Nous n'avons pas trouvé non plus de différence significative entre les indices de diversité et de richesse des invertébrés et des poissons en fonction des types de sites. D'après notre étude, la modification des rives d'un cours d'eau pourrait profondément influer sur les communautés de poissons et d'invertébrés des rivières Assiniboine et Rouge.

Magpie River ramping rate study: Testing the effects of rapid flow changes on downstream ecology/ Étude du taux de ramping de débit controlé de la rivière Magpie : examen des effets de changements rapides du débit sur l'écologie des eaux d'aval. K.E. Smokorowski, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 1 Canal Drive, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 6W4 Tel: 705-942-2848 Fax: 705-942-4025 E-mail: SmokorowskiK@dfo-mpo.gc.ca / K.E. Smokorowski, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 1, promenade du Canal, Sault Ste-Marie (Ontario) P6A 6W4 Tél. : (705) 942-2848 Téléc. : (705) 942-4025 Courriel : SmokorowskiK@dfo-mpo.gc.ca

Abstract : Fisheries and Oceans Canada, Ontario Ministry of Natural Resources, and Great Lakes Power Limited are collaborating on a long-term, adaptive management experiment to test whether regulating the rate of change of water flow (ramping rates) through hydroelectric dam turbines can provide a more favourable environment for fish, while optimizing energy production. In the current baseline phase, many physical (hydrology, habitat) and biological (fish community, behaviour, energetics, forage base) parameters are being measured on an experimental (Magpie River) and reference river (Batchawana River) to quantify conditions under current, highly restricted ramping. The magnitude of flow change on the Batchawana is greater; flow on the Magpie fluctuates more frequently. Electrofishing catch per unit effort was nearly three times greater on the Magpie, but conductivity differences may have affected catch rates. Brook trout muscle contraction rate mirrored flow change: large increases in flow resulted in spikes in muscle contractions, while steady or low flow resulted in slower contraction rates. Once baseline conditions are established, all ramping restrictions will be removed and flow will fluctuate as rapidly and frequently as desired by the power generator. Monitoring will continue to assess the effect of unrestricted ramping, and results will be incorporated into provincial and federal waterpower guidelines and policy.

Résumé: Pêches et Océans Canada, le ministère des Richesses naturelles de l'Ontario et la Great Lakes Power Limited collaborent à une expérience à long terme de gestion adaptative en vue de vérifier si la régularisation du taux de changement du débit (taux de ramping) à travers les turbines d'un barrage hydroélectrique peut créer un environnement plus favorable pour le poisson tout en optimisant la production d'énergie. Dans le cadre de l'étape de base, de nombreux paramètre physiques (hydrologie, habitat) et biologiques (communautés de poisson, comportement, énergétique, proies) ont été mesurés dans une rivière expérimentale (rivière Magpie) et une rivière témoin (rivière Batchawana) pour quantifier les conditions créées par le taux de ramping actuel très restreint. L'ampleur du changement du débit est plus grande dans la Batchawana tandis que le débit dans la Magpie fluctue plus souvent. Les prises par unité d'effort lors de la pêche à l'électricité étaient presque trois fois plus élevées dans la Magpie, quoique des différences de conductivité aient pu influer sur les taux de prises. Le degré de contraction musculaire chez l'omble de fontaine reflétait le changement dans le débit : de fortes augmentations du débit résultaient en des pics dans les contractions musculaires, tandis qu'un débit régulier ou faible résultait en des degrés de contraction plus bas. Une fois les conditions de base établies, toutes les restrictions sur le taux de ramping seront enlevées et le débit fluctuera aussi rapidement et fréquemment que le désire le producteur d'énergie. On continuera à évaluer les effets d'un taux de ramping sans restriction et les résultats seront incorporés aux lignes directrices et aux politiques provinciales et fédérales sur l'énergie hydraulique.

Session/Séance 3 : Advances in freshwater fisheries and habitat science research/ Progrès dans les recherches scientifiques sur les pêches et l'habitat en eau douce

Topic/Thème 3 : Freshwater Ecotoxicology/ Écotoxicologie des eaux douces

Effects of rainbow smelt invasion on mercury concentrations of piscivorous fishes in boreal lakes/ Effets de l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel sur les teneurs en mercure chez les poissons piscivores des lacs boréaux. Tom Johnston, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel: (905) 336-6231 Fax: (905) 336-6437 E-mail: JohnstonT@dfo-mpo.gc.ca / Tom Johnston, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin

Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-6231 Téléc. : (905) 336-6437
Courriel : JohnstonT@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Rainbow smelt rapidly expanded their range through lakes of the Hudson Bay drainage in northwestern Ontario and Manitoba during the 1980s and 1990s. Previous research has suggested that rainbow smelt feed at a higher trophic position than most native forage fish species. We therefore predicted that predator populations of these lakes should have experienced an upward trophic shift, and an increase in mercury bioaccumulation since smelt entered their forage base. We tested this hypothesis by comparing historic (pre-smelt invasion) with current mercury concentrations in lake trout, walleye and northern pike from both smelt-invaded and reference lakes. Temporal shifts in predator mercury concentrations (current minus historic) were more positive in smelt-invaded than reference lakes, as predicted, but these differences were not significant. Analyses of forage fishes in a subset of these lakes revealed that smelt do indeed feed at a higher trophic level than the native forage fishes (cisco, yellow perch, spottail shiner) but they do not have higher mercury concentrations. Rainbow smelt in these recently-invaded lakes appear to be less effective at accelerating mercury bioaccumulation in native predators than earlier food web studies have suggested. Current research is attempting to determine where rainbow smelt fit into the food webs of lakes of varying size and productivity and, ultimately, to resolve why rainbow smelt appear to enhance mercury bioaccumulation in predators of some lakes but not others.

Résumé: Au cours des décennies 1980 et 1990, l'éperlan arc-en-ciel a rapidement élargi son aire de répartition dans les lacs du bassin hydrographique de la baie d'Hudson, dans le Nord-Ouest de l'Ontario et au Manitoba. D'après des recherches antérieures, cette espèce se nourrirait à un niveau trophique plus élevé que la majorité des espèces fourrages indigènes. Nous avons donc formulé l'hypothèse que les populations de prédateurs de ces lacs sont passées à un niveau trophique supérieur et ont accumulé davantage de mercure depuis l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel. Nous avons testé cette hypothèse en comparant les teneurs en mercure historiques (avant l'invasion de l'éperlan arc-en-ciel) et actuelles du touladi, du doré jaune et du grand brochet de lacs envahis par l'éperlan et de lacs de référence. Comme nous l'avions prévu, les changements de la teneur en mercure des prédateurs (teneur actuelle moins teneur passée) étaient davantage positifs dans les lacs envahis que dans les lacs de référence, mais ces différences n'étaient pas significatives. L'analyse des poissons fourrages d'un sous-ensemble de ces lacs a révélé que l'éperlan se nourrit bel et bien à un niveau trophique plus élevé que les espèces fourrages indigènes (cisco, perchaude, queue à tache noire), mais il n'a pas une teneur en mercure plus élevée. Dans ces lacs envahis récemment, l'éperlan arc-en-ciel ne semble pas accélérer la bioaccumulation du mercure dans les prédateurs indigènes autant que les études antérieures de la chaîne trophique l'ont indiqué. Une étude en cours tente de déterminer la position exacte de l'éperlan arc-en-ciel dans la chaîne trophique de lacs de taille et de productivité différentes et, ultimement, de déterminer pourquoi cette espèce semble hausser la bioaccumulation de mercure dans les prédateurs de certains lacs seulement.

Metals and metallothionein in fish impacted by uranium mining in northern Saskatchewan/ Teneur en métaux et en métallothionéine chez le poisson perturbé par l'exploitation minière de l'uranium dans le nord de la Saskatchewan.

Christopher L. Baron, Jack F. Klaverkamp, Bruce W. Fallis and Kerry G. Wautier, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-5073 Fax: (204) 984-6587 E-mail: BaronC@dfo-mpo.gc.ca / Christopher L. Baron, Jack F. Klaverkamp, Bruce W. Fallis et Kerry G. Wautier, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-5073 Téléc. : (204) 984-6587 Courriel : BaronC@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The northern Saskatchewan region in Canada produces approximately 30% of the world's uranium supply. This study was one component of a preliminary investigation into metal contaminants discharged in treated effluents by uranium mining and milling activities in northern Saskatchewan. Livers and kidneys of white suckers (*Catostomus commersoni*) from five reference lakes and a lake contaminated by discharges of treated effluent from the Key Lake uranium mine were analyzed for

metallothionein (MT), Mo, As, Se, Ni, Cu, Hg, Cd and Zn. Surficial sediments from the contaminated lake had 323, 276 and 26 times higher concentrations of Mo, As and Se, respectively, relative to concentrations in deeper sediments. Concentrations of Mo, As and Se in livers of fish from the contaminated lake were up to 9, 15 and 24 times higher, respectively, than corresponding mean concentrations in fish from reference lakes. Renal Mo, Se and Cu concentrations in fish from the contaminated lake were up to 38, 32 and 5 times higher, respectively, than mean concentrations in fish from reference lakes. When compared to mean concentrations in hepatic tissues of fish from the reference lake, concentrations of Cu, Zn, Cd and Hg in livers of fish from the impacted lake were the lowest. Similarly, MT concentrations in livers of fish from the impacted lake were from 39 % to 59 % of those from reference lakes.

Introduction

Over the past decade uranium mines and mills in northern Saskatchewan have annually produced about 30% of the world's uranium supply. During this time ore bodies discovered in this area have been, and continue to be, brought into production. Improved practices for the management and treatment of tailings and effluents are also being implemented to minimize the release of contaminants into receiving waters.

In terms of developing environmental monitoring programs for uranium mines, research on radionuclides may be over-emphasized in importance, and the studies of other contaminants have been under emphasized (Saskatchewan Research Council 1991; Ripley et al. 1996). Our study was part of a preliminary investigation into metal contaminants discharged in treated effluents by uranium mining and milling activities at the Key Lake mine site in northern Saskatchewan (Klaverkamp et al. 2002). The three general objectives for the study were:1) to document the magnitude of metal contamination in Fox Lake, which receives uranium milling effluents from the Key Lake mine, using sections of sediment cores; 2) to determine the bioavailability of those metals by analyzing livers and kidneys of resident white suckers (*Catostomus commersoni*); and 3) to evaluate the use of the metal-binding protein, metallothionein (MT), in white suckers as a biomonitoring tool for uranium mines.

Our focus was on the magnitude of contamination in sediments from the impacted Fox Lake because white suckers feed on benthic organisms and because there is a growing appreciation of the importance of the dietary route of uptake for metals in fish (Handy 1996). In a strict sense, the term "metalloids" can be used for describing trace elements, such as As and Se; however, throughout this discussion the conventional use of the term "metal" (Manahan 1992) will be used to describe all the contaminants.

Methods

The Key Lake mine is located in north-central Saskatchewan (57° 11'N, 105° 34'W) approximately 70 kilometers east-southeast of Cree Lake. Open pit mining of the Deilmann ore body commenced in 1986 and was completed in 1997. At the time of this study the Key Lake Mine was licensed to produce 4.4 million kg of uranium per year. Treated mill effluent is discharged into Wolf Lake which drains to Fox Lake through approximately 500 meters of bog wetland

Sediment cores, each 5 cm in diameter (n=4), were obtained by SCUBA divers from the main basin of each of Fox Lake and Wolf Lake. Cores were sectioned in 1 cm increments from 0 to 10 cm and in 2 cm increments from 10 to 20 cm in depth. Individual sections were placed in labeled plastic (Whirlpak®) bags, air was excluded, and sections were immediately frozen on dry ice and transported to the Freshwater Institute, Winnipeg, MB.

Sediment samples were prepared by lyophilization at –50°C for three to four days using a Labconco Lyph-lock 12 freeze-dryer. Individual sections of each sediment core were acid digested and analyzed for metal concentrations as previously described (Klaverkamp et al., 2002). Certified reference materials were included in the analyses of sediments to ensure analytical accuracy. Marine sediment standard reference materials (BCSS-1, MESS-1 and PACS-1) certified and distributed by the National Research Council of Canada were used. Results were all within the accepted 95% confidence limits of the certified values.

Means of the metal concentrations in each section from the same depth were calculated from the cores sampled from each sampling site. Data (µg/g, dry wt.) were expressed as depth profiles of mean metal concentrations in the sediments, along with the associated standard errors. Surface-to-background ratios (Enrichment Factors, EF) of these concentrations were calculated as the ratio of the concentration in the top 1 cm section to the concentration in the deepest section.

White suckers were captured using gill nets from Fox Lake, downstream of effluent discharges, and from Boomerang, Little Yalowega, Lower Read, Toby and Bizarre Lakes, which are located in the same region as Fox Lake and served as the reference system. Overnight sets of gill nets in Wolf Lake failed to capture any fish. Gill nets were checked approximately every 30 minutes, and only live fish were dissected for analyses of metals and metallothionein. All fish were dissected on site.

Fork length, weight, and sex data were obtained, and pectoral fin rays were removed for age determination. Liver and kidney were removed and placed individually in labeled plastic (Whirlpak®) bags, air was excluded, and tissues were immediately frozen on dry ice and transported to the Freshwater Institute. Tissues were stored at –90°C until analyzed.

Analytical procedures for metals and trace elements in liver and kidney were similar to those described by Harrison and Klaverkamp (1990). For analyses of Cd, Cu, Pb, Fe, Mn, Mo, Ni, Co, and Zn, tissues were digested using a nitric acid dry-down procedure (Malley et al. 1989). Hg was analyzed by cold vapour atomic absorption spectrometry (Armstrong and Uthe, 1971); and As and Se by semi-automated hydride generation atomic absorption spectrometry. Certified reference materials were also included in the analyses to ensure analytical accuracy. Bovine liver (Standard Reference Material 1577), and oyster tissue (Standard Reference Material 1566), certified and distributed by the U. S. National Bureau of Standards, and dogfish muscle and liver standard reference materials (DORM-2 and DOLT-2) certified and distributed by the National Research Council of Canada were included. Results were all within the accepted 95% confidence limits of the certified values.

Metallothionein was analyzed by a previously described mercury displacement assay (Klaverkamp et al. 2000).

Concentrations of metals and metallothionein in fish were analyzed by one-way ANOVA followed by Dunnett's multiple comparison procedure. Data were analyzed within tissue type. Where data deviated significantly from a normal distribution, non-parametric analysis was applied employing the Kruskal-Wallis test. Relationships between metal concentrations and fish meristics were evaluated by linear regression analysis. Concentrations less than the analytical detection limit were estimated as one-half of the detection limit. The level of α was set at 0.05 in all tests. All statistical analyses were performed using SAS version 8.0 (SAS Institute Inc. Cary, NC, USA, 1999).

Results and Discussion

In Fox Lake, the three metals with the highest ratios between metal concentration in the top section relative to the concentration in the deepest core section were molybdenum, arsenic and selenium (Table 1). Molybdenum concentrations were 323 times higher in surface sections than those measured in the deepest section. For arsenic this ratio was 276, and for selenium the ratio was 26. Ratios for other metals were 5 for nickel, 4 for cobalt, and 3 for copper, mercury and iron. Ratios of approximately one were measured for cadmium, manganese and zinc. Because Al concentrations are lower in the top 6 to 8 cm of sediments from Fox Lake, normalizing the data for other contaminants according to Al concentrations as described by Joshi et al. (1989) would result in even higher EFs.

Table 1. Metal concentrations (µg/g dry wt.) in the upper most section (1 cm) of sediment core from Fox Lake and the Enrichment Factors (EF) for each metal. Metal concentrations are expressed as mean ± S.E.M., n=4. EFs are calculated as the ratio of metal concentration in the top 1 cm section to the concentration in the deepest section (20 cm).

Metal	Mean	SEM	EF		Metal	Mean	SEM	EF
Al	7,820	310	≤ 1		Pb	10.1	3.6	1.7
As	3,830	64	276		Mn	28.1	5.6	≤ 1
Cd	0.17	0.08	≤ 1		Mo	3,980	470	323
Co	12.4	5.6	4.1		Ni	129	14	5.2
Cu	12.6	1.0	2.7		Se	54.4	4.6	25.8
Fe	100,700	5,300	2.9		Zn	31.4	3.6	≤ 1
Hg	0.122	0.028	2.7					

Sediments serve as sinks for metals, and are important as a route of uptake for these contaminants into aquatic biota (Ingersoll et al. 1997). Metals in sediments can be directly taken up by organisms that live in or near the sediments, and these organisms can mediate contaminant transfer to the water column or to other trophic levels (Rosenberg et al. 1997).

Sixteen white suckers were captured and analyzed from Fox Lake and five white suckers from each of the five reference lakes. As a group, the 25 white suckers from the reference lakes were longer and heavier than the sixteen fish from Fox Lake. Ages, however, did not differ significantly.

At the time of this study, Canadian multi-stakeholders in government, industry and non-governmental organizations were evaluating biomonitoring tools via the Aquatic Effects Technology Evaluation program (AETE 1999), for inclusion into the revised Metal Mining Effluent Regulations, under the *Fisheries Act*.. Included among the tools being evaluated was metallothionein in fish. Metallothionein is an inducible metal binding protein that is thought to function in maintaining Cu and Zn homeostasis detoxifying non-essential metals (e.g. Cd & Hg) and serves as an antioxidant to scavenge free radicals. Metallothionein was the only biochemical response selected for evaluation because of its sensitivity and biological relevance in protecting individual fish from the toxicity of some metals (Couillard 1997). Since the early 1990s, metallothionein has been advocated by numerous investigators as a reliable diagnostic biomarker for exposure to some metals, and as a potential early-warning indicator of adverse effects (Benson et al. 1990; Klaverkamp et al. 1991; Olsson 1996; Klaverkamp et al. 1997; Klaverkamp et al. 2000).

The mean concentration of metallothionein in the kidneys of fish from Fox Lake was 53 µg/g (wet weight), which was in the middle of the range of concentrations measured in white suckers from the reference lakes. Concentrations of metallothionein inducing metals (e.g. Cu, Cd, Zn, and Hg) in the kidneys of Fox Lake white suckers were variable when compared to similar concentrations in fish from reference lakes. For example, in kidneys of Fox Lake fish, Cu was about 2.5 to 5 times higher than in kidneys from reference fish; whereas concentrations of Cd and Zn were the lowest in kidneys of Fox Lake fish. Renal Hg concentrations were in the middle of the range.

MT concentrations in livers of Fox Lake white suckers were significantly lower than those observed in livers of white suckers from the reference lakes. The mean hepatic MT concentration in white suckers from Fox Lake was 153 µg/g, which represents 39 % to 59 % of those concentrations in fish from the reference lakes. These percentages are close to those representing copper concentrations in livers of white suckers from Fox Lake. Cu concentrations measured in Fox Lake fish were from 45 % to 64 % of those in livers of fish from reference lakes. For livers of white suckers from Fox Lake, linear regression analysis of Cu against metallothionein concentration (Fig. 1) showed a strong relationship, a resulting coefficient of determination of 0.80 ($p < 0.0001$). Similar analysis on fish from the reference lakes suggested an even stronger relationship between Cu and MT, with a r^2 value of 0.89 ($p < 0.0001$).

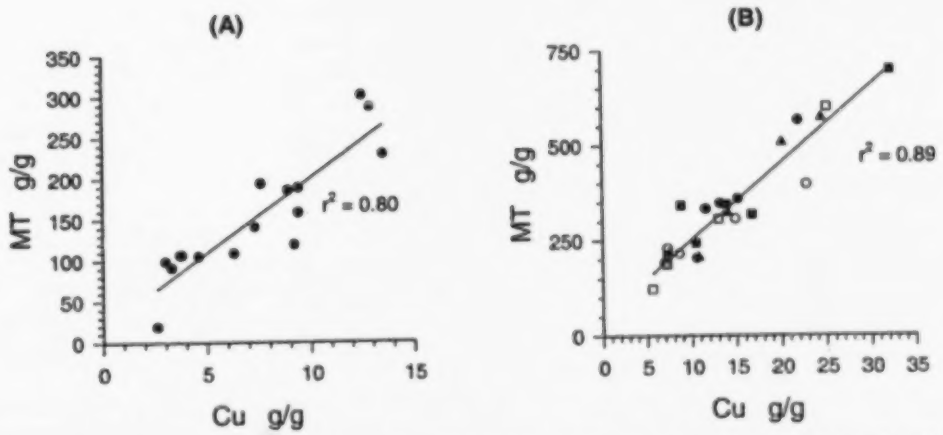


Figure 1. Linear regression analyses of metallothionein (MT) concentrations (µg/g, wet wt.) against Cu concentrations (µg/g, wet wt.) in livers of white suckers from Fox Lake (panel A), white suckers from the reference lakes (panel B). In panel B reference lakes are denoted as (■) Bizarre Lake, (●) Boomerang Lake, (▲) Little Yalowega Lake, (O) Lower Read Lake, and (□) Toby Lake.

Concentrations of the other three metallothionein inducing metals (i.e. Zn, Cd and Hg) in the livers of Fox Lake fish were generally the lowest. For example, hepatic Zn concentrations in Fox Lake white suckers ranged from 77 % to 98 % of concentrations measured in white suckers from reference lakes. For Cd, concentrations ranged from 18 % to 66 %, and for Hg, concentrations ranged from 33 % to 70 % of concentrations in fish from the reference lakes. Compared to hepatic concentrations of Cu, Cd and Zn measured in other natural populations of white suckers from northwestern Ontario and in eastern Saskatchewan (Harrison and Klaverkamp 1990; 1990; Miller et al. 1992), Fox Lake white suckers were consistently lower.

Metals with the greatest enrichment factors in surface sections of Fox Lake sediments (viz. Mo, As, Se and Ni) demonstrated significant accumulation in livers and kidneys of white suckers. Molybdenum concentrations in livers of Fox Lake white suckers ranged from 6 to 9 times higher than those measured in white suckers from reference lakes. Corresponding concentrations in kidneys were from 12 to 38 times higher. In mammalian tissues, it has been demonstrated that molybdenum can have important interactions with copper and zinc (Eisler 1989). Molybdenum toxicity is associated with copper deficiency (Keen 1996). The mechanism of this interaction involves the formation of thiomolybdates and molybdoproteins, which chelate copper and prevent the absorption of copper (Eisler 1989; Keen 1996). Zinc deficiencies are also caused by high tissue concentrations of molybdenum in mammals (Parada 1981).

Similar to molybdenum, we observed elevated concentrations of selenium in both livers and kidneys of Fox Lake white suckers (Fig. 2). Again, relative to concentrations in white suckers from reference lakes, selenium concentrations in livers of Fox Lake white suckers ranged from 12 to 24 times higher. Corresponding concentrations in kidneys were from 19 to 32 times higher. Lemly has suggested a toxic effects threshold for the appearance of reproductive effects of 3 µg/g (wet weight) for Se in livers of fish (Lemly 1993). Concentrations in white suckers from Fox Lake were approximately 6 fold higher than this recommended limit for the appearance of teratogenic effects in offspring of exposed fish.

The interaction that has perhaps received the greatest attention in freshwater fish is between selenium and mercury. The action of selenium in lowering mercury concentrations in muscle and liver of freshwater fish is well documented (Cuvin-Aralar and Furness 1991).

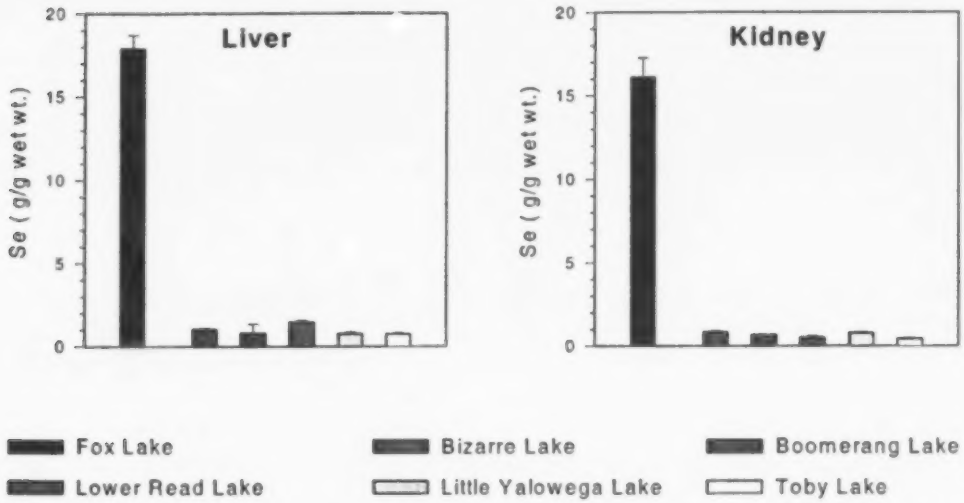


Figure 2. Concentrations of Se in livers and kidneys of white suckers from Fox Lake and the five reference lakes.

Whereas hepatic arsenic concentrations were below the detection limit (0.04 µg/g) in white suckers from the reference lakes, corresponding arsenic concentrations in Fox Lake fish were over 15 times greater than this concentration. Arsenic concentrations measured in kidneys from all white suckers were generally below the detection limit.

In the case of nickel, the most pronounced accumulation was in the kidney. Renal nickel concentrations in Fox Lake fish were about 5 to 10 times higher than those observed in kidneys of fish from reference lakes. Nickel concentrations in livers from Fox Lake fish were about twice as high as corresponding concentrations in reference fish.

Summary

In Fox Lake, which is downstream of effluent discharges from uranium mining and milling activities, metals with high enrichment ratios in surface sediments corresponded with elevated concentrations in livers and kidneys of white suckers, which relative to fish from reference lakes, had higher concentrations of hepatic and renal Mo and Se, hepatic As and renal Ni. White suckers from Fox Lake had lower hepatic concentrations of Cu, Cd, Zn and metallothionein and there is evidence to suggest that some of these differences may be related to metal interactions, which require further investigation.

Acknowledgements

This research received support from the DFO Environmental Science and Fish Habitat Management, Canada North Environmental Services and Cameco Corporation. The authors wish to thank Vince Palace who provided constructive comments.

References

Aquatic Effects Technology Evaluation (AETE). 1999. AETE synthesis report of selected technologies for cost-effective environmental monitoring of mine effluent impacts in Canada. AETE Project 4.1.4. Prepared by ESG International Inc. for AETE Program, Canmet, Natural Resources Canada. June 29, 1999. 116 pages + Appendices.

Armstrong, F.A.J., and J.F. Uthe. 1971. Semi-automated determination of mercury in animal tissues. Atomic Absorpt. Newsl. 10: 101-103.

Benson, W.H., K.N. Baer, and C.F. Watson. 1990. Metallothionein as a biomarker of environmental metal contamination: Species-dependent effects. p. 255-265. *In* J.F. McCarthy, and L.R. Shugart [ed.]. Biomarkers of environmental contamination. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Couillard, Y. 1997. Technical evaluation of metallothionein as a biomarker for the mining industry. 191 p. Ottawa, Ontario. Natural Resources Canada. CANMET. AETE Project 2.2.1.

Cuvin-Aralar, L.A. and R.W. Furness. 1991. Mercury and selenium interaction: A review. Ecotox. Environ. Safety 21: 348-364.

Eisler, R. 1989. Molybdenum hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. U. S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85 (1.19). 61 p.

Handy, R.D. 1996. Dietary exposure to toxic metals in fish. p. 29-59. In E.W. Taylor [ed.]. Toxicology of Aquatic Pollution. Physiological, Cellular and Molecular Approaches. Cambridge University Press, New York, NY.

Harrison, S.E., and J.F. Klaverkamp. 1990. Metal contamination in liver and muscle of northern pike (*Esox lucius*) and white sucker (*Catostomus commersoni*) and in sediments from lakes near the smelter at Flin Flon, Manitoba. Environ. Toxicol. Chem. 9: 941-956.

Ingersoll, C.G, T. Dillon, and G.R. Biddinger. 1997. Ecological Risk Assessment of Contaminated Sediments, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment; 1995 Apr. 23-28; Pacific Grove CA. Pensacola FL: SETAC Pr. 390 p.

Joshi, S.R., D.T. Waite, and R.F. Platford. 1989. Vertical distribution of uranium mill tailings contaminants in Langley Bay, Lake Athabasca sediments. Sci. Total Environment 87/88: 85-104.

Keen, C. L. 1996. Chapter 63. Teratogenic effects of essential trace metals: Deficiencies and excesses. p. 977-1001. In L.W. Chang [ed.]. Toxicology of Metals. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Klaverkamp, J.F., M.D. Dutton, H.S. Majewski, R.V. Hunt, and L.J. Wesson. 1991. Evaluating the effectiveness of metal pollution controls in a smelter by using metallothionein and other biochemical responses in fish. p. 33-64. *In* M.C. Newman and A.W. McIntosh [ed.]. Metal ecotoxicology concepts and applications. Lewis Publishers. Chelsea, MI.

Klaverkamp, J.F., K. Wautier, C.L. Baron, S.E. Harrison, and R.V. Hunt. 1997. Metallothionein in fish: Applicability to metal mining biomonitoring programs and research needs. In Proceedings of the 23rd Annual Aquatic Toxicity Workshop: October 7-9, 1996, Calgary, (J.S. Goudey, S.M. Swanson, M.D. Triessman and A.J. Nimi, [ed.]. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2144, p. 25-32.

Klaverkamp, J.F, K. Wautier, and C.L. Baron. 2000. A modified mercury saturation assay for measuring metallothionein. Aquat. Toxicol. 50: 13-25.

Klaverkamp, J.F., C.L. Baron, B.W. Fallis, C.R. Ranson, K.G. Wautier, and P. Vanriel. 2002. Metals and metallothionein in fishes and metals in sediments from lakes impacted by uranium mining and milling in northern Saskatchewan. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2420: v + 72 p.

Lemly, A.D. 1993. Teratogenic effects of selenium in natural populations of freshwater fish. Ecotox. Environ. Safety 26: 181-204.

Malley, D.F., P.S.S. Chang, and R.H. Hesslein. 1989. Whole lake addition of cadmium-109: Radiotracer accumulation in the mussel population in the first season. Sci. Total Environ. 87/88: 397-417.

Manahan, S.E. 1992. Toxicological Chemistry. 2nd Edition. Lewis Publishers. Boca Raton, FL. 449 pages.

Miller, P.A., K.R. Munkittrick and D.G. Dixon. 1992. Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites. Can J. Aquat. Sci. 49: 978-984.

Olsson, P-E. 1996. Metallothioneins in fish: Induction and use in environmental monitoring. p. 187-203. *In* E.W. Taylor [ed.]. Toxicology of aquatic pollution physiological, cellular and molecular approaches. Cambridge University Press, Cambridge.

Parada, R. 1981. Zinc deficiency in molybdenum poisoned cattle. Vet. Human Toxicol. 23: 16-21.

Ripley, E.A., R.E. Redmann, and A.A. Crowder. 1996. Chapter 7. Uranium. *In* Environmental Effects of Mining. St. Lucie Press. Delray Beach FL. 356 p.

Rosenberg, D.M., T.B. Reynoldson, K.E. Day, and V.H. Resh . 1997. Chapter 10: Role of abiotic factors in structuring benthic invertebrate communities in freshwater ecosystems. p. 135-155. *In* Ecological Risk Assessment of Contaminated Sediments, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment; 1995 Apr. 23-28; Pacific Grove CA. Pensacola FL: SETAC Pr. 390 p.

Saskatchewan Research Council. 1991. Cluff Lake status of the environment report. A review of predicted and observed environmental impacts at The Amok Ltd. Cluff Lake mine and mill site. S. Swanson [ed.]. SRC Publication No. E-2200-2-E-91. Saskatchewan Research Council. 15 Innovation Blvd. Saskatoon, SK Canada S7N 2X8.

Résumé : La région du nord de la Saskatchewan, au Canada, produit environ 30 % de l'offre mondiale d'uranium. La présente étude s'inscrit dans le cadre d'une enquête préliminaire sur les contaminants métalliques rejetés dans les effluents traités résultant des activités d'extraction et de concentration de l'uranium dans le nord de la Saskatchewan. Nous avons analysé le foie et les reins de meuniers noirs (*Catostomus commersoni*) provenant de cinq lacs de référence et d'un lac contaminé par les rejets de l'effluent traité de la mine d'uranium du lac Key pour déterminer leur teneur en métallothionéine (MT), Mo, As, Se, Ni, Cu, Hg, Cd et Zn. Les sédiments superficiels du lac contaminé présentaient des concentrations de Mo, d'As et de Se, 323, 276 et 26 fois plus élevées, respectivement, que celles des sédiments plus profonds. Les concentrations de Mo, d'As et de Se dans le foie des poissons du lac contaminé étaient jusqu'à 9, 15 et 24 fois plus élevées, respectivement, que les moyennes de ces éléments chez les poissons des lacs de référence. Les concentrations rénales de Mo, de Se et de Cu chez les poissons du lac contaminé étaient jusqu'à 38, 32 et 5 fois plus élevées, respectivement, que celles des concentrations moyennes mesurées chez les poissons des lacs de référence. Les concentrations de Cu, de Zn, de Cd et de Hg mesurées dans les tissus hépatiques des poissons du lac contaminé étaient plus faibles que les moyennes observées chez les poissons des lacs de référence. De même, la teneur en MT hépatique chez les poissons du lac contaminé atteignait 39 % à 59 % de celle observée chez les poissons des lacs de référence.

Introduction

Depuis les dix dernières années, les mines et les usines de concentration d'uranium dans le nord de la Saskatchewan ont produit, chaque année, environ 30 % de l'offre mondiale d'uranium. Pendant cette période, les corps minéralisés découverts dans cette région ont été et continuent d'être exploités. On a perfectionné les méthodes pour mieux gérer et traiter les résidus et les effluents miniers afin de réduire au minimum les rejets de contaminants dans les eaux réceptrices.

En ce qui concerne le développement de programmes de suivi environnemental pour les mines d'uranium, il se peut que l'on ait exagéré l'importance des recherches sur les radionucléides, tandis qu'on a sous-estimé l'importance d'étudier d'autres contaminants (Saskatchewan Research Council, 1991; Ripley *et al.*, 1996). Notre étude s'inscrit dans le cadre d'une enquête préliminaire sur les contaminants métalliques rejetés dans les effluents traités résultant des activités d'extraction et de concentration de l'uranium de la mine du lac Key, dans le nord de la Saskatchewan (Klaverkamp *et al.*, 2002). Les trois objectifs généraux de la présente étude étaient les suivants : 1) recueillir des données sur l'importance de la contamination par des métaux dans le lac Fox, dans lequel se jettent les effluents de l'usine de concentration de l'uranium de la mine du lac Key, en analysant des carottes de sédiments; 2) déterminer la biodisponibilité de ces métaux en analysant le foie et les reins de meuniers noirs (*Catostomus commersoni*) provenant de ces eaux; et 3) évaluer l'utilité de la métallothionéine (MT), une protéine capable de lier les métaux, chez les meuniers noirs, en tant qu'outil de biosurveillance dans les mines d'uranium.

Notre étude portait principalement sur l'importance de la contamination dans les sédiments du lac Fox, dans lequel se jettent les effluents de la mine, parce que les meuniers noirs se nourrissent d'organismes benthiques et aussi parce qu'on se préoccupe de plus en plus de la voie alimentaire par laquelle les poissons absorbent les métaux (Handy, 1996). Au sens strict, le terme « métalloïde » peut-être utilisé pour décrire des éléments traces tels que l'As et le Se; cependant, pour les fins de la présente discussion, nous utiliserons le terme « métal » dans son sens courant (Manahan, 1992) pour décrire tous les contaminants.

Méthods

La mine du lac Key est située dans la région du centre-nord de la Saskatchewan (57° 11' de latitude N et 105° 34' de longitude O), à environ 70 kilomètres au sud-est du lac Cree. L'exploitation de mines à ciel ouvert du corps minéralisé de Deilmann a commencé en 1986 et s'est terminée en 1997. Au moment de la présente étude, la mine du lac Key était autorisée à produire 4,4 millions de kg d'uranium par année. L'effluent traité de l'usine de concentration est rejeté dans le lac Wolf qui se draine dans le lac Fox sur environ 500 mètres de tourbière marécageuse.

Des carottes de sédiments de 5 cm de diamètre (n=4) ont été prélevées par des plongeurs autonomes dans le bassin principal des lacs Fox et Wolf. Les carottes ont été coupées en sections de 1 cm pour les 10 premiers centimètres de profondeur et en sections de 2 cm pour les 10 cm suivants (10 à 20 cm de profondeur). Chaque section a été placée dans un sac en plastique (Whirlpak®) étiqueté, l'air a été enlevé et les sections ont été congelées immédiatement sur glace sèche, après quoi elles ont été transportées à l'Institut des eaux douces de Winnipeg, au Manitoba.

Les échantillons de sédiments ont été préparés par lyophilisation à –50 °C pendant trois à quatre jours au moyen d'un lyophilisateur Labconco Lyph-lock 12. Des sections individuelles de chaque carotte de sédiment ont été soumises à une digestion acide, puis leurs concentrations en métaux ont été déterminées, tel que décrit précédemment (Klaverkamp *et al.*, 2002). Des matériaux de référence certifiés ont été inclus dans l'analyse des sédiments pour vérifier la précision analytique. Nous avons utilisé des matériaux de référence étalons de sédiments marins (BCSS-1, MESS-1 et PACS-1) certifiés et distribués par le Conseil national de recherches du Canada. Tous les résultats obtenus se trouvent à l'intérieur des limites de confiance usuelles de 95 % des valeurs certifiées.

Les moyennes des concentrations de métaux pour les sections d'une même profondeur ont été calculées à partir des carottes prélevées à chaque site d'échantillonnage. Les données (µg/g, poids sec) ont été exprimées en profils de profondeurs des concentrations moyennes de métaux dans les sédiments, avec les erreurs-types correspondantes. Pour déterminer les « facteurs d'enrichissement », on a calculé le rapport entre la concentration dans le premier centimètre superficiel de sédiment et celle dans la section la plus profonde.

Des meuniers noirs ont été capturés avec des filets maillants dans le lac Fox, en aval des rejets de l'effluent, ainsi que dans les lacs Boomerang, Little Yalowega, Lower Read, Toby et Bizarre, qui sont tous situés dans la même région que le lac Fox et qui ont servi de système de référence. En ce qui concerne le lac Wolf, on n'a pas réussi à y capturer de poissons, même en y laissant des filets maillants pendant toute la nuit. Tous les filets étaient vérifiés aux 30 minutes, et seuls les poissons vivants ont été disséqués pour fins d'analyse des métaux et de la métallothionéine. Tous les poissons ont été disséqués sur place.

On a noté la longueur à la fourche, le poids et le sexe des poissons, et on a enlevé les rayons des nageoires pectorales pour pouvoir déterminer leur âge. Le foie et les reins ont été prélevés et placés individuellement dans des sacs en plastique (Whirlpak®) étiquetés; l'air a été enlevé des sacs et les organes ont été congelés immédiatement sur glace sèche, après quoi ils ont été transportés à l'Institut des eaux douces et entreposés à –90 °C jusqu'au moment des analyses.

Les méthodes utilisées pour l'analyse des métaux et des éléments traces dans le foie et les reins sont semblables à celles décrites par Harrison et Klaverkamp (1990). Pour les analyses du Cd, Cu, Pb, Fe, Mn, Mo, Ni, Co et Zn, on a utilisé une méthode d'assèchement à l'acide nitrique pour digérer les tissus (Malley et al., 1989). Le Hg a été analysé par spectrométrie d'absorption atomique à vapeur froide (Armstrong et Uthe, 1971) et l'As et le Se, par spectrométrie d'absorption atomique à génération d'hydrure semi-automatisée. Des matériaux de référence certifiés ont également été inclus dans ces analyses afin de vérifier la précision analytique. Du tissu hépatique bovin (matériau de référence étalon 1577) et du tissu d'huître (matériau de référence étalon 1566) certifiés et distribués par le U. S. National Bureau of Standards, ainsi que des matériaux de référence étalons de muscle et de foie d'aiguillat commun (DORM-2 et DOLT-2) certifiés et distribués par le Conseil national de recherches du Canada ont également été inclus dans les analyses. Tous les résultats obtenus étaient à l'intérieur des limites usuelles de 95 % de l'intervalle de confiance des valeurs certifiées.

La teneur en métallothionéine a été déterminée au moyen d'une méthode d'analyse par déplacement de mercure décrite par Klaverkamp, *et al.*, 2000.

Les concentrations de métaux et la teneur en métallothionéine des tissus des poissons ont été analysées au moyen de l'analyse de la variance à un critère de classification, suivie d'un test de comparaison multiple de Dunnett. Les données ont été analysées pour chaque type de tissu. Lorsque les données s'écartaient significativement d'une distribution normale, les valeurs étaient soumises au test de Kruskal-Wallis, une analyse non paramétrique. Une analyse de régression linéaire a permis d'évaluer les liens entre les concentrations de métaux et les données sur les poissons. Les concentrations inférieures au seuil de détection de l'analyse ont été estimées à la moitié de la limite de détection. La valeur d'α a été fixée à 0,05 pour tous les tests. Tous les tests statistiques ont été réalisés au moyen de la version 8.0 du logiciel SAS (SAS Institute Inc. Cary, NC, É.-U., 1999).

Resultats et Discussion

Dans le lac Fox, le molybdène, l'arsenic et le sélénium sont les trois métaux qui ont présenté les rapports les plus élevés entre la concentration mesurée dans la partie superficielle des sédiments et celle mesurée dans partie la plus profonde de la carotte prélevée (tableau 1). Les concentrations de molybdène étaient 323 fois plus élevées dans les sections superficielles que celles mesurées dans la section la plus profonde. Pour l'arsenic, ce rapport était de 276 et pour le sélénium, de 26. Pour les autres métaux, les rapports obtenus étaient de 5 pour le nickel, 4 pour le cobalt et 3 pour le cuivre, le mercure et le fer. Pour le cadmium, le manganèse et le zinc, les rapports étaient approximativement de 1. Comme les concentrations d'aluminium sont plus faibles dans les 6 à 8 premiers centimètres des sédiments du lac Fox, toute normalisation des concentrations des autres contaminants en fonction des valeurs obtenues pour l'Al, telle que décrite par Joshi *et al.*, (1989) résulterait en des facteurs d'enrichissement encore plus élevés.

Tableau 1. Concentrations de métaux (µg/g, poids sec) dans le premier centimètre de sédiment de la carotte du lac Fox et facteurs d'enrichissement (FE) pour chaque métal. Les concentrations de métaux sont exprimées en moyenne ± erreur-type (E-T), n=4. Les FE ont été calculés au moyen du rapport entre la concentration de métal dans le premier centimètre de sédiment et celle obtenue dans la section la plus profonde (20 cm).

Métal	Moyenne	E-T	FE		Métal	Moyenne	E-T	FE
Al	7820	310	≤ 1		Pb	10,1	3,6	1,7
As	3830	64	276		Mn	28,1	5,6	≤ 1
Cd	0,17	0,08	≤ 1		Mo	3980	470	323
Co	12,4	5,6	4,1		Ni	129	14	5,2
Cu	12,6	1,0	2,7		Se	54,4	4,6	25,8
Fe	100 700	5300	2,9		Zn	31,4	3,6	≤ 1
Hg	0,122	0,028	2,7					

Les sédiments agissent en tant que pièges pour les métaux et ils constituent une voie de captage importante pour ces contaminants dans le biote aquatique (Ingersoll *et al.*, 1997). Les métaux qui se trouvent dans les sédiments peuvent être absorbés directement par des organismes qui vivent dans ou près des sédiments, et ces organismes peuvent servir d'intermédiaires pour le passage des contaminants dans la colonne d'eau ou à d'autres niveaux trophiques (Rosenberg *et al.*, 1997).

Cinq meuniers noirs provenant de chacun des cinq lacs de référence et seize, du lac Fox, ont été analysés. En tant que groupe, les 25 meuniers noirs des lacs de référence présentaient un poids et une longueur supérieurs à ceux des seize poissons du lac Fox. Les âges, cependant, ne différaient pas significativement d'un groupe à l'autre.

Au moment de cette étude, différents intervenants canadiens du gouvernement, de l'industrie et d'organisations non gouvernementales se penchaient sur l'évaluation d'outils de biosurveillance dans le cadre du Programme d'évaluation des techniques de mesure d'impacts en milieu aquatique (AETE, 1999), pour les inclure dans la version révisée du Règlement sur les effluents des mines de métaux, en vertu de la *Loi sur les* pêches. Parmi les outils évalués, se trouvait la teneur en métallothionéine de certains tissus du poisson. La métallothionéine est une protéine inductible capable de lier les métaux qui, croit-on, jouerait un rôle dans le maintien de l'équilibre homéostasique du Cu et du Zn en détoxifiant des métaux non essentiels (p. ex. le Cd et le Hg); la métallothionéine agit aussi à titre d'antioxydant capteur de radicaux libres. La teneur en métallothionéine a été le seul paramètre biochimique évalué à cause de sa sensibilité et de sa pertinence biologique dans la protection des poissons contre la toxicité de certains métaux (Couillard, 1997). Depuis le début des années 1990, de nombreux chercheurs considèrent la métallothionéine comme un biomarqueur diagnostique fiable pour détecter l'exposition à certains métaux et comme un indicateur potentiel précoce d'effets délétères (Benson *et al.*, 1990; Klaverkamp *et al.*, 1991; Olsson, 1996; Klaverkamp *et al.*, 1997; Klaverkamp *et al.*, 2000).

La teneur moyenne en métallothionéine des reins des poissons du lac Fox était de 53 µg/g (poids humide), une valeur qui se situe au milieu de la plage des concentrations mesurées chez les meuniers noirs des lacs de référence. Les concentrations des métaux inducteurs de la métallothionéine (p. ex. Cu, Cd, Zn et Hg) dans les reins de meuniers noirs du lac Fox se sont révélées variables comparativement à celles observées chez les poissons des lacs de référence. Ainsi, dans les reins des poissons du lac Fox, la concentration de Cu était environ 2,5 à 5 fois plus élevée que celle mesurée chez les poissons des lacs de référence, tandis que les concentrations les plus faibles de Cd et de Zn ont été trouvées dans les reins des poissons du lac Fox. Les concentrations rénales de Hg se situaient au milieu de la gamme des concentrations des différents métaux.

Les teneurs en MT du foie des meuniers noirs du lac Fox étaient significativement plus faibles que celles observées chez les meuniers noirs des lacs de référence. La teneur moyenne en MT des tissus hépatiques chez les meuniers noirs du lac Fox était de 153 µg/g, ce qui représente entre 39 % et 59 % des teneurs observées chez les poissons des lacs de référence. Ces valeurs se rapprochent des concentrations de cuivre mesurées dans le foie des meuniers noirs du lac Fox. Les concentrations de Cu mesurées dans le foie des poissons du lac Fox atteignaient entre 45 % et 64 % de celles mesurées chez les poissons des lacs de référence. L'analyse de régression linéaire de la concentration du Cu dans le foie des poissons du lac Fox par rapport à la teneur en métallothionéine (figure 1) révèle un lien étroit entre ces deux paramètres et un coefficient de détermination de 0,80 ($p < 0,0001$). Une analyse semblable réalisée sur les poissons des lacs de référence suggère un lien encore plus étroit entre le Cu et la MT, avec une valeur de r^2 de 0,89 ($p < 0,0001$).

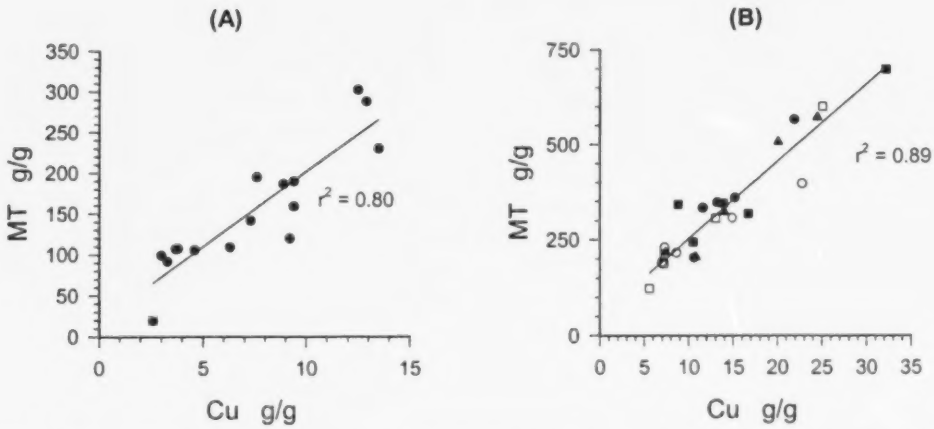


Figure 1. Analyses de régression linéaire de la teneur en métallothionéine (MT) (µg/g, poids humide) en fonction de la concentration de Cu (µg/g, poids humide) dans le foie de meuniers noirs du lac Fox (graphique A) et de meuniers noirs des lacs de référence (graphique B). Dans le graphique B, les lacs de référence sont : (■) lac Bizarre, (●) lac Boomerang, (▲) lac Little Yalowega, (O) lac Lower Read et (□) lac Toby.

Dans l'ensemble, les concentrations des trois autres métaux inducteurs de la métallothionéine (c.-à-d. le Zn, le Cd et le Hg) dans le foie des poissons du lac Fox se sont révélées les plus faibles. Par exemple, les concentrations hépatiques de Zn chez les meuniers noirs du lac Fox atteignaient entre 77 % et 98 % de celles mesurées chez les meuniers noirs des lacs de référence. Quant aux concentrations de Cd, elles atteignaient entre 18 % et 66 % des concentrations obtenues chez les poissons des lacs de référence, et pour le Hg, entre 33 % et 70 %. Les concentrations hépatiques de Cu, de Cd et de Zn observées chez les meuniers noirs du lac Fox se sont révélées systématiquement plus faibles que celles mesurées dans d'autres populations naturelles de cette espèce dans le nord-ouest de l'Ontario et l'est de la Saskatchewan (Harrison et Klaverkamp, 1990; 1990; Miller *et al.*, 1992)

On a noté une accumulation significative dans le foie et les reins des meuniers noirs des métaux présentant les facteurs d'enrichissement les plus importants dans les sections superficielles des sédiments du lac Fox (à savoir le Mo, l'As, le Se et le Ni).

Les concentrations de molybdène dans le foie des meuniers noirs du lac Fox étaient de 6 à 9 fois plus élevées que celles mesurées chez les meuniers noirs des lacs de référence, et dans les reins, de 12 à 38 fois plus élevées. Il a été démontré que le molybdène peut avoir d'importantes interactions avec le cuivre et le zinc dans les tissus mammaliens (Eisler, 1989). La toxicité du molybdène est associée à une carence en cuivre (Keen, 1996). Le mécanisme de cette interaction comprend la formation de thiomolybdates et de molybdoprotéines, qui captent le cuivre et préviennent son absorption (Eisler, 1989; Keen, 1996). Chez les mammifères, les carences en zinc sont également causées par des concentrations tissulaires élevées de molybdène (Parada, 1981).

Comme dans le cas du molybdène, nous avons observé des concentrations élevées de sélénium tant dans le foie que dans les reins des meuniers noirs du lac Fox (figure 2). Là encore, par rapport aux concentrations de sélénium observées chez les meuniers noirs des lacs de référence, les concentrations hépatiques de sélénium chez les meuniers noirs du lac Fox étaient de 12 à 24 fois plus élevées. Quant aux concentrations rénales de cet élément, elles étaient de 19 à 32 fois plus élevées. Lemly évalue le seuil d'effets toxiques à 3 µg/g (poids humide) de sélénium dans le foie des poissons pour que se manifestent des effets sur la reproduction (Lemly, 1993). Or, les concentrations mesurées chez les meuniers noirs du lac Fox étaient approximativement 6 fois plus élevées que cette limite pour la manifestation d'effets tératogènes chez les descendants des poissons exposés.

L'interaction qui a sans doute retenu le plus d'attention chez les poissons d'eau douce est celle qui se produit entre le sélénium et le mercure. La capacité du sélénium d'abaisser la concentration du mercure dans les muscles et le foie des poissons d'eau douce est bien documentée (Cuvin-Aralar et Furness, 1991).

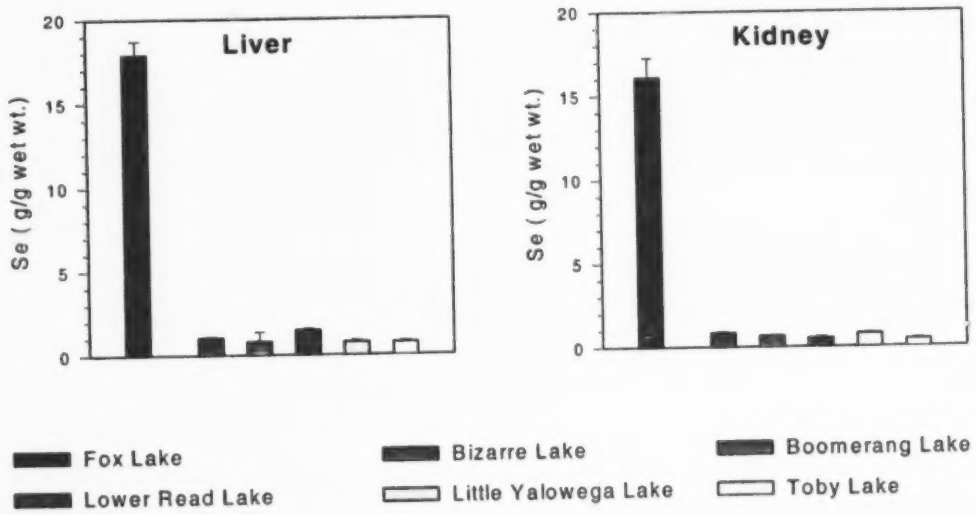


Figure 2. Concentrations de Se dans le foie et les reins de meuniers noirs du lac Fox et des cinq lacs de référence. Légende : Liver = Foie; Se (µg/g wet wt) = (µg/g, poids humide); Kidney = Reins; Se (µg/g wet wt) = (µg/g, poids humide); Fox Lake = lac Fox; Bizarre Lake = lac Bizarre; Boomerang Lake = lac Boomerang; Lower Read Lake = lac Lower Read; Little Yalowega Lake = lac Little Yalowega ; Toby Lake = lac Toby.

Alors que les concentrations hépatiques d'arsenic étaient sous le seuil de détection (0,04µg/g) chez les meuniers noirs des lacs de référence, chez les poissons du lac Fox, elles étaient plus de 15 fois supérieures à ce seuil. En général, les concentrations d'arsenic mesurées dans les reins de tous les meuniers noirs étaient sous le seuil de détection.

Dans le cas du nickel, l'accumulation la plus importante a été observée dans les reins. Les concentrations rénales de nickel chez les poissons du lac Fox étaient environ 5 à 10 fois plus élevées que celles observées chez les poissons des lacs de référence. Les concentrations hépatiques de nickel chez les poissons du lac Fox étaient environ 2 fois plus élevées que celles observées chez les poissons des lacs de référence.

Résumé

Dans le lac Fox, qui se trouve en aval des rejets des effluents résultant des acitvités d'extraction et de concentration d'uranium, les métaux dont les facteurs d'enrichissement étaient élevés dans les sédiments superficiels correspondaient à ceux dont les concentrations hépatiques et rénales étaient plus élevées que celles observées chez les meuniers noirs des lacs de référence. Ainsi, les meuniers noirs du lac Fox présentaient des concentrations hépatiques et rénales plus élevées de Mo et de Se, des concentrations hépatiques d'As plus élevées et des concentrations rénales de Ni plus élevées que celles observées chez la même espèce dans les lacs de référence. Les meuniers noirs du lac Fox avaient des concentrations hépatiques de Cu, de Cd, de Zn et une teneur en métallothionéine plus faibles que celles des poissons des lacs de référence, et il semble que certaines de ces différences pourraient être liées aux interactions entre les métaux, ce qui mérite des recherches plus approfondies.

Remerciements

Cette étude a bénéficié de l'appui des organismes suivants : Gestion de l'habitat du poisson et Sciences de l'environnement du MPO, Canada North Environmental Services et Cameco Corporation. Nous tenons à remercier M. Vince Palace pour ses commentaires constructifs.

Références

Aquatic Effects Technology Evaluation (AETE). 1999. AETE synthesis report of selected technologies for cost-effective environmental monitoring of mine effluent impacts in Canada. AETE Project 4.1.4. Preparé par ESG International Inc. for AETE Program, Canmet, Natural Resources Canada. June 29, 1999. 116 pages + Appendices.

Armstrong, F.A.J. et J.F. Uthe. 1971. Semi-automated determination of mercury in animal tissues. Atomic Absorpt. Newsl. 10: 101-103.

Benson, W.H., K.N. Baer et C.F. Watson. 1990. Metallothionein as a biomarker of environmental metal contamination: Species-dependent effects. p. 255-265. *Dans* J.F. McCarthy, and L.R. Shugart [ed.]. Biomarkers of environmental contamination. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Couillard, Y. 1997. Technical evaluation of metallothionein as a biomarker for the mining industry. 191 p. Ottawa, Ontario. Natural Resources Canada. CANMET. AETE Project 2.2.1.

Cuvin-Aralar, L.A. et R.W. Furness. 1991. Mercury and selenium interaction: A review. Ecotox. Environ. Safety 21: 348-364.

Eisler, R. 1989. Molybdenum hazards to fish, wildlife, and invertebrates: a synoptic review. U. S. Fish Wildl. Serv. Biol. Rep. 85 (1.19). 61 p.

Handy, R.D. 1996. Dietary exposure to toxic metals in fish. p. 29-59. *Dans* E.W. Taylor [ed.]. Toxicology of Aquatic Pollution. Physiological, Cellular and Molecular Approaches. Cambridge University Press, New York, NY.

Harrison, S.E. et J.F. Klaverkamp. 1990. Metal contamination in liver and muscle of northern pike (*Esox lucius*) and white sucker (*Catostomus commersoni*) and in sediments from lakes near the smelter at Flin Flon, Manitoba. Environ. Toxicol. Chem. 9: 941-956.

Ingersoll, C.G, T. Dillon et G.R. Biddinger. 1997. Ecological Risk Assessment of Contaminated Sediments, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment; 1995 Apr. 23-28; Pacific Grove CA. Pensacola FL: SETAC Pr. 390 p.

Joshi, S.R., D.T. Waite et R.F. Platford. 1989. Vertical distribution of uranium mill tailings contaminants in Langley Bay, Lake Athabasca sediments. Sci. Total Environment 87/88: 85-104.

Keen, C. L. 1996. Chapter 63. Teratogenic effects of essential trace metals: Deficiencies and excesses. p. 977-1001. *In* L.W. Chang [ed.]. Toxicology of Metals. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Klaverkamp, J.F., M.D. Dutton, H.S. Majewski, R.V. Hunt et L.J. Wesson. 1991. Evaluating the effectiveness of metal pollution controls in a smelter by using metallothionein and other biochemical responses in fish. p. 33-64. *Dans* M.C. Newman and A.W. McIntosh [ed.]. Metal ecotoxicology concepts and applications. Lewis Publishers. Chelsea, MI.

Klaverkamp, J.F., K. Wautier, C.L. Baron, S.E. Harrison et R.V. Hunt. 1997. Metallothionein in fish: Applicability to metal mining biomonitoring programs and research needs. *Dans* Proceedings of the 23rd Annual Aquatic Toxicity Workshop: October 7-9, 1996, Calgary, (J.S. Goudey, S.M. Swanson, M.D. Triessman and A.J. Nimi, [ed.]. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 2144, p. 25-32.

Klaverkamp, J.F, K. Wautier et C.L. Baron. 2000. A modified mercury saturation assay for measuring metallothionein. Aquat. Toxicol. 50: 13-25.

Klaverkamp, J.F., C.L. Baron, B.W. Fallis, C.R. Ranson, K.G. Wautier et P. Vanriel. 2002. Metals and metallothionein in fishes and metals in sediments from lakes impacted by uranium mining and milling in northern Saskatchewan. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2420: v + 72 p.

Lemly, A.D. 1993. Teratogenic effects of selenium in natural populations of freshwater fish. Ecotox. Environ. Safety 26: 181-204.

Malley, D.F., P.S.S. Chang et R.H. Hesslein. 1989. Whole lake addition of cadmium-109: Radiotracer accumulation in the mussel population in the first season. Sci. Total Environ. 87/88: 397-417.

Manahan, S.E. 1992. Toxicological Chemistry. 2nd Edition. Lewis Publishers. Boca Raton, FL. 449 pages.

Miller, P.A., K.R. Munkittrick et D.G. Dixon. 1992. Relationship between concentrations of copper and zinc in water, sediment, benthic invertebrates and tissues of white sucker (*Catostomus commersoni*) at metal-contaminated sites. Can J. Aquat. Sci. 49: 978-984.

Olsson, P-E. 1996. Metallothioneins in fish: Induction and use in environmental monitoring. p. 187-203. *Dans* E.W. Taylor [ed.]. Toxicology of aquatic pollution physiological, cellular and molecular approaches. Cambridge University Press, Cambridge.

Parada, R. 1981. Zinc deficiency in molybdenum poisoned cattle. Vet. Human Toxicol. 23: 16-21.

Ripley, E.A., R.E. Redmann et A.A. Crowder. 1996. Chapter 7. Uranium. *Dans* Environmental Effects of Mining. St. Lucie Press. Delray Beach FL. 356 p.

Rosenberg, D.M., T.B. Reynoldson, K.E. Day et V.H. Resh . 1997. Chapter 10: Role of abiotic factors in structuring benthic invertebrate communities in freshwater ecosystems. p. 135-155. *Dans* Ecological Risk Assessment of Contaminated Sediments, SETAC Pellston Workshop on Sediment Ecological Risk Assessment; 1995 Apr. 23-28; Pacific Grove CA. Pensacola FL: SETAC Pr. 390 p.

Saskatchewan Research Council. 1991. Cluff Lake status of the environment report. A review of predicted and observed environmental impacts at The Amok Ltd. Cluff Lake mine and mill site. S. Swanson [ed.]. SRC Publication No. E-2200-2-E-91. Saskatchewan Research Council. 15 Innovation Blvd. Saskatoon, SK Canada S7N 2X8.

Responses of the ELA Lake 260 crustacean plankton community following two years of synthetic hormone additions/ Réactions de la communauté des crustacés planctoniques du lac 260 de la région des lacs expérimentaux aux apports d'une hormone de synthèse étalés sur deux ans.

Alex Salki, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-5241 Fax: (204) 984-2404 E-mail: SalkiA@dfo-mpo.gc.ca / Alex Salki, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-5241 Téléc. : (204) 984-2404 Courriel : SalkiA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Despite the physiological evidence that fish are being adversely impacted by endocrine disrupting chemicals (EDCs), it remains unclear if such compounds are affecting aquatic organisms at the population level. Our study of the aquatic community in Lake 260, Experimental Lakes Area, is examining the effects of the synthetic estrogen ethynylestradiol (EE2) on biochemical processes, reproduction and growth of several populations at various trophic levels. EE2 was chosen because it is a potent estrogen mimic found in sewage effluents and it is known to affect the endocrine system of fish and other vertebrates. Little is known about the reproductive or growth impacts of hormone mimics on aquatic invertebrates. Lake 260 mesocosm experiments in 1999 revealed a non-linear dose-related sex ratio response for the dominant cyclopoid species, *Tropocyclops prasinus mexicanus*. Whole-lake EE2 additions in 2001 appeared to modify reproductive strategies in several zooplankton species. Initial results from the 2002 season have not confirmed all previous findings suggesting the need for further study.

Résumé: Malgré les preuves physiologiques de l'impact négatif sur le poisson de composés chimiques perturbant le système endocrinien, il n'a pas été établi clairement si ces composés affectent les organismes aquatiques au niveau des populations. Dans notre étude de la communauté aquatique du lac 260, dans la région des lacs expérimentaux, nous examinons les effets d'un œstrogène de synthèse, l'éthynylœstradiol (EE2), sur les processus biochimiques, la reproduction et la croissance de plusieurs populations à différents niveaux trophiques. L'EE2 a été choisi parce qu'il se trouve dans les effluents d'eaux usées, qu'il a des effets œstrogénomimétiques puissants et qu'il affecte le système endocrinien des poissons et d'autres vertébrés. On sait peu de choses des impacts des substances hormonomimétiques sur la reproduction et la croissance des invertébrés aquatiques. Des expériences en mésocosme dans le lac 260 en 1999 ont révélé une incidence non linéaire, en fonction de la dose, sur le taux de mâles chez le cyclopoïde dominant Tropocyclops prasinus mexicanus. Les ajouts d'EE2 dans tout le lac en 2001 semblent avoir modifié les stratégies de reproduction de plusieurs espèces du zooplancton.

Les premiers résultats pour la saison 2002 n'ont pas confirmé toutes les observations précédentes, d'où la nécessité d'une étude plus approfondie.

Poster Session/ Présentation par affiches

DFO-National Capital Region Science Sector Intranet/ Site intranet des Sciences du MPO-Région de la capitale nationale. Paul Asselin, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 993-0802 Fax: (613) 990-0313 E-mail: AsselinP@dfo-mpo.gc.ca / Paul Asselin, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 993-0802 Téléc. : (613) 990-0313 Courriel : AsselinP@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Living in today's information age requires us, as DFO employees, to remain organized and informed. To help with this effort, the National Capital Region (NCR) Science Intranet site has been improved to help deliver the tools and information we require. It is the goal of this Intranet to link the many different Science sector web-based tools and information holdings. A central information directory will benefit all employees.

To help ensure that the ongoing development of this site continues to benefit DFO, links are always being made with a variety of content providers. The National Science Workshop has used this site as a medium to deliver information to both presenters and participants. To continue to add value, DFO employees will have the opportunity to access presentations on-line in a virtual poster session. Presenters are encouraged to submit their bilingual poster in e-format (i.e., PowerPoint, Word, Portable Document Format, graphics). The Policy, Planning and Coordination directorate will also use this opportunity to discuss with other DFO employees any questions, suggestions, ideas or best practices of on-line service delivery.

Résumé: L'époque de l'information dans laquelle nous vivons aujourd'hui nous oblige, à titre d'employés du MPO, à demeurer organisés et informés. Afin de nous faciliter la tâche, le site intranet des Sciences de la région de la capitale nationale (RCN) a été amélioré de manière à rendre les outils et l'information dont nous avons besoin plus aisément accessibles. Le but de cet intranet est de relier les différents outils Web et fonds de renseignements des Sciences. Tous les employés tireront profit d'un tel répertoire central d'information.

Afin que le site continue de répondre aux besoins du MPO, des liens vers toute une gamme de fournisseurs de contenu y sont ajoutés constamment. Les responsables de l'Atelier national des Sciences ont utilisé ce site pour transmettre de l'information aux présentateurs et aux participants. De plus, les employés du MPO pourront grâce à lui avoir accès à des présentations virtuelles en ligne sous forme d'affiches. En effet, les présentateurs ont été encouragés à fournir des affiches bilingues en format électronique (p. ex., PowerPoint, Word, PDF, matériaux graphiques). La Direction générale des politiques, de la planification et de la coordination des programmes se servira également de ce site pour échanger avec d'autres employés du MPO sur toute question, suggestion, idée ou meilleure pratique en matière de prestation de services en ligne.

Present and future opportunities for marine research in the Arctic/ Possibilités actuelles et futures de recherches sur le milieu marin de l'Arctique. Martin Bergmann, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, Arctic Science Program Development, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-3776 Fax: (204) 984-2401 E-mail: BergmannM@dfo-mpo.gc.ca / Martin Bergmann, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, Développement du programme des sciences de l'Arctique, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-3776 Téléc. : (204) 984-2401 Courriel : BergmannM@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Prior to 1994 and before the merger of the Department of Fisheries and Oceans (DFO) and the Canadian Coast Guard (CCG), Arctic research aboard CCG icebreakers consisted of a few days of opportunity research once every few years, carried out primarily by DFO scientists at the Bedford Institute of Oceanography and Institute of Ocean Sciences. Once every four to five years, there would be an Arctic survey carried out by the former DFO Science fleet. Over the past eight years, CCG icebreaker-supported oceanographic research has grown to include such research initiatives as the Joint Ocean Ice Studies (JOIS, 1997-ongoing), the Surface Heat Budget of the Arctic Ocean (SHEBA, 1997-1998), Tundra Northwest (1999), the Northwater Polynya Project (NOW, 1997-1999), the Nares Strait Project (2001) and the Joint Western Arctic Climate Study (JWACS, 2002-2007).

The need for Arctic research in Canada has increased substantially, and the political climate surrounding this research has also changed. Shaping these developments are the new governance models in northern Canada and increased interest, nationally and internationally, in climate change.

Internationally, scientists have been very successful in securing new funds for Arctic work, where the research is directed toward understanding global impacts of climate and the impacts of this change within their own countries. On the national front, publications such as the Report of the Standing Senate Committee on Fisheries (February 2002) recommended that DFO increase its presence in the North by vigorously promoting international collaborations in Arctic issues. The most recent Federal Science and Technology Forum (October 2002) highlighted the need for cooperation within and from sources outside line departments to transform federal science by emphasizing increased horizontality and partnering. Now and in the future, the main principals that must work to accomplish Arctic research aboard CCG icebreakers include cooperation among governmental departments/sectors, partnerships with Canadian universities and international groups, cost leveraging of infrastructure and equipment, and continued support, promotion and communication within DFO.

In support of the Arctic Science marine operations in Canada, the Canadian Foundation of Innovation (CFI) and DFO, in a project led by Laval University, is in the process of converting a CCG icebreaker to support the Canadian research community. These events, coupled with an increased focus in the climate issues of the North, are setting the stage for more exciting Arctic research aboard icebreaker platforms in the future.

Résumé: Avant 1994 et la fusion du ministère des Pêches et des Océans (MPO) et de la Garde côtière canadienne (GCC), la recherche en Arctique à bord de brise-glace de la GCC se limitait à quelques jours tous les deux ou trois ans et elle était réalisée principalement par des chercheurs du MPO de l'Institut océanographique de Bedford et de l'Institut des sciences de la mer. Un relevé de l'Arctique était effectué par l'ancienne flottille du Secteur des sciences du MPO une fois tous les quatre ou cinq ans. Au cours des huit dernières années, la recherche océanographique effectuée avec les brise-glace de la GCC s'est diversifiée et elle comprend maintenant des initiatives de recherche telles que l'Étude conjointe sur les glaces de l'Arctique (JOIS, menée depuis 1997), le Bilan thermique de surface de l'océan Arctique (SHEBA, de 1997 à 1998), l'Expédition dans la toundra du nord-ouest 1999, l'Étude internationale de la polynie des eaux du Nord (NOW, de 1997 à 1999), le projet du détroit de Nares (2001) et l'Étude conjointe du climat de l'Ouest de l'Arctique (JWACS, de 2002 à 2007).

Au Canada, les besoins en matière de recherche en Arctique ont augmenté substantiellement, et le climat politique entourant cette recherche a également changé. Les nouveaux modèles de gouvernance dans le Nord canadien et l'accroissement de l'intérêt, sur les plans national et international, pour les changements climatiques influencent ces changements.

Sur le plan international, les chercheurs ont eu beaucoup de succès dans l'obtention de nouveaux fonds pour les travaux en Arctique axés sur la compréhension des impacts des changements climatiques à l'échelle de la planète et sur leurs propres pays. Sur le plan national, des publications, telles que le Rapport du Comité sénatorial permanent des pêches (février 2002), ont recommandé au MPO d'accentuer sa présence dans le Nord en promouvant vigoureusement les collaborations internationales dans les dossiers touchant l'Arctique. Au cours du plus récent forum sur les sciences et la technologie du gouvernement fédéral (octobre 2002), on a souligné le besoin de coopération au sein des ministères

responsables et avec les autres intervenants afin de transformer le milieu scientifique fédéral en mettant l'accent sur l'horizontalité et le partenariat. Les principaux principes qui doivent être appliqués, aujourd'hui et à l'avenir, pour la réalisation de recherches dans l'Arctique à bord de brise-glace de la GCC comprennent la coopération entre les ministères et les secteurs gouvernementaux, le partenariat avec les universités canadiennes et les groupes internationaux, l'optimisation des coûts de l'infrastructure et de l'équipement, et le soutien, la promotion et la communication continus au sein du MPO.

Dans le cadre d'un projet dirigé par l'Université Laval, la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI) et le MPO aménagent actuellement un brise-glace de la GCC afin de soutenir les recherches scientifiques marines dans l'Arctique par les chercheurs canadiens. Ces événements, jumelés à l'accroissement de l'intérêt pour le climat du Nord, pavent la voie à plus de recherches stimulantes en Arctique à bord de brise-glace.

The C-Survey At-Sea Automated Data Entry System/ Le système d'entrée automatisé des données C-Survey. Clarence Bourque, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, 343 Université Avenue, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 Tel.: (506) 851-6232 Fax: (506) 851-2620 E-mail: BourqueC@dfo-mpo.gc.ca / Clarence Bourque, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343, avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Tél. : (506) 851-6232 Téléc. : (506) 851-2620 Courriel : BourqueC@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: A system composed of hardware and software that permits direct entry of biological fish data normally gathered at sea as part of calibrated trawl or acoustics biomass assessment surveys was designed by professionals who do this type of work for Fisheries and Oceans, Gulf Region. The system is designed to be user-friendly, durable, maximize efficiency and accuracy while eliminating many common sources of errors and bias. Shown are pictures of system in use, including hardware and screenshots. The main characteristics and advantages of the system are itemized.

Résumé: Un système composé de matériel et de logiciel qui permet l'entrée directe de données biologiques de poissons normalement recueillit en mer comme partie des relevés pour déterminé la biomasse, soit au chalut calibré ou par méthodes acoustiques, fut développé par des professionnels qui font ce type de travail pour Pêches et Océans, Région du Golfe. Ce système fut conçut pour être facile à utiliser, durable, efficace et exacte, éliminant plusieurs sources communes d'erreurs et de préjuger. Les photos démontrent le système en marche, y inclus le matériel et des photos d'écran. Les principaux caractéristiques et avantages du système sont détaillés.

Comparison of point and line transect methods for surveying fish assemblages in littoral habitats of the lower Great Lakes/ Méthodes comparative de relevé par point et transect de l'assemblage de poissons dans la zone littorale dans le secteur sud des Grands Lacs. Christine M. Brousseau, Robert G. Randall, Mandi G. Clark and Charles K. Minns, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336- 6287 Fax: (905) 336-6437 E-mail: BrousseauC@dfo-mpo.gc.ca / Christine M. Brousseau, Robert G. Randall, Mandi G. Clark et Charles K. Minns, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336- 6287 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : BrousseauC@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Point and line-transect methods for surveying the near shore fish assemblage in Lake Ontario were compared in 2000 and 2001. Fish were captured by boat electrofishing (pulsed direct current, 8 ampere, at 120 pps). The line transects were 100 m in length, and followed the 1.5 m depth contour close to the shoreline. Point samples were conducted at random locations along the 1.5 m transect, as well as in shallow (0.5 and 1.0 m) and deeper water (2.0 m) adjacent to the transect. The survey methods were

compared at different near shore habitats in two sample areas, Prince Edward Bay and Big Bay. At both areas, the littoral habitat was categorized as either (1) fine substrate with moderate to heavy macrophyte cover or (2) coarse substrate with sparse or no aquatic vegetation. Water conductivity ranged between 160 and 419 μ S cm^{-1}.

A total of 38 and 29 fish species were captured in Prince Edward Bay and Big Bay, respectively. Indices of fish abundance and species richness were significantly correlated between the two methods. The proportion of samples with zero catch was higher for point (about 30%) than line sampling (<5%), but more point (60) than transect (7) samples were collected per day. Sample variance of fish catches was significantly and positively correlated with the sample mean for both survey methods, reflecting the contagious distribution of the fish in the near shore habitats. The field effort required to achieve a coefficient of variation of the mean of 0.20 was less for point sampling (about 3 h) than transect sampling (about 15 h). At 1.5 m depth, the average fork length of fish captured by point sampling was less than fish caught by transect sampling. Differences in mean length were significant in the areas with moderate to heavy vegetation (Mann Whitney U test, $P<0.001$) but not at sites with sparse or no macrophytes ($P>0.05$). Fish catches and species richness decreased with water depth, while fish size increased with depth.

The point-sample method was feasible and showed promise as a survey technique in the species-rich near shore areas of the Great Lakes. Fish and habitat data can be collected with high spatial resolution, and a large number of samples can be collected in a short time. Whether point or transect survey methods are used in future will depend on the objectives of the survey.

Résumé: En 2000 et en 2001, nous avons comparé deux méthodes de relevé de l'assemblage de poissons dans la zone littorale du lac Ontario : la pêche ponctuelle et la pêche sur transect. Les poissons ont été capturés par pêche électrique à partir d'un bateau (courant continu pulsé de 8 ampères, à 120 pps). D'une longueur de 100 m, les transects suivaient l'isobathe de 1,5 m près du rivage. Les échantillonnages ponctuels ont été réalisés à des endroits choisis de façon aléatoire le long des transects à 1,5 m de profondeur ainsi qu'en eau peu profonde (0,5 et 1,0 m) et plus profonde (2,0 m) à proximité des transects. Les deux méthodes ont été comparées dans différents habitats littoraux, dans deux secteurs d'échantillonnage, soit la baie Prince Edward et la baie Big. Dans ces deux baies, l'habitat littoral a été classé comme suit : (1) substrat fin avec une densité de macrophytes allant de modérée à forte ou (2) substrat grossier avec peu ou pas de végétation aquatique. La conductivité de l'eau variait entre 160 et 419 μS cm^{-1}.

Au total, 38 espèces de poissons ont été capturées dans la baie Prince Edward et 29 espèces, dans la baie Big. Les indices d'abondance du poisson et de richesse spécifique étaient significativement corrélés entre les deux méthodes. La proportion des échantillons sans prises était plus élevée pour la méthode ponctuelle (environ 30 %) que pour la méthode par transect (< 5 %), mais la première méthode a permis de recueillir un plus grand nombre d'échantillons par jour (60) que la deuxième (7). Pour les deux méthodes, la variance du nombre de prises était significativement et positivement corrélée avec la moyenne de l'échantillon, ce qui traduit la distribution contagieuse des poissons dans les habitats littoraux. L'effort de pêche nécessaire pour obtenir un coefficient de variation de 0,20 était moindre pour l'échantillonnage ponctuel (environ 3 h) que pour l'échantillonnage par transect (environ 15 h). À une profondeur de 1,5 m, la longueur moyenne à la fourche des poissons capturés par échantillonnage ponctuel était inférieure à celle des poissons capturés dans l'échantillonnage par transect. Les différences de la longueur moyenne étaient significatives dans les endroits où la densité de la végétation était de modérée à forte (test en U de Mann et Whitney, $P<0,001$), mais pas dans les sites avec peu ou pas de macrophytes ($P>0,05$). Le nombre de poissons capturés et la richesse spécifique diminuaient avec la profondeur, tandis que la taille des poissons augmentait avec la profondeur.

La méthode de pêche ponctuelle était faisable et semblait prometteuse comme technique de relevé dans les zones littorales riches en espèces des Grands Lacs. Elle permet d'obtenir des données sur les poissons et leur habitat avec une grande résolution spatiale et de recueillir un grand nombre d'échantillons qui peuvent être obtenus en peu de temps. À l'avenir, les objectifs du relevé détermineront si l'on utilise la pêche ponctuelle ou la pêche sur transect.

River water temperature models: Application to New Brunswick rivers/ Modèles de la température de l'eau des rivières : application à des rivières du Nouveau-Brunswick. Daniel Caissie, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, Science Branch, 343 Université Avenue, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 Tel.: (506) 851-6287 Fax: (506) 851-2147 E-mail: CaissieD@dfo-mpo.gc.ca / Daniel Caissie, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, Direction des sciences, 343, avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Tél. : (506) 851-6287 Téléc. : (506) 851-2147 Courriel : CaissieD@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: River water temperature influences most of the physical, chemical and biological properties of the water. It plays an important role in the distribution of fish and on the growth rates of many aquatic organisms. Therefore, a good understanding of the thermal regime of rivers is essential for the management of important fisheries resources. The present study deals with the modelling of river water temperatures using two different approaches, namely deterministic models and stochastic models, with application to New Brunswick rivers.

The deterministic modelling approach is a more conceptual approach where the different energy components are considered in the modelling (i.e., energy budget). This modelling approach requires many input parameters (e.g., solar radiation, wind speed, air temperature, etc.) to run the model, however, this approach is well adapted for thermal effluent problems where different quantities of water at different temperatures are mixed. Deterministic models are also well adapted to instream flow studies where the study of the impact of water extraction on the river thermal regime is important (i.e., increases in temperature due to lower flow or changes in temperature downstream of reservoirs).

Stochastic models in the prediction of water temperatures have been described in the early 1970s, however, only recently have they been used to predict water temperatures as a modelling tool. This modelling approach is much simpler than deterministic models, as it often requires only air temperature as input parameter. This modelling approach to water temperatures is also well adapted for climate change studies where air temperature is often the only parameter that can be projected with some level of certainty.

The present study deals with the description of both modelling approaches from calibration to modelling of water temperatures. Advantage and disadvantage in each approach will also be provided.

Résumé: La température de l'eau des rivières influe sur la plupart des propriétés physiques, chimiques et biologiques de l'eau. Elle joue un rôle important dans la répartition du poisson et influe sur les taux de croissance de nombreux organismes aquatiques. Il est donc essentiel de bien comprendre le régime thermique des rivières pour gérer d'importantes ressources halieutiques. Cette étude aborde la modélisation de la température de l'eau des rivières au moyen de modèles déterministes et de modèles stochastiques appliqués à des rivières du Nouveau-Brunswick.

La modélisation déterministe constitue une démarche conceptuelle qui tient compte des différentes composantes énergétiques (c.-à-d. le bilan énergétique). Nécessitant de nombreux paramètres d'entrée (p. ex. le rayonnement solaire, la vitesse du vent, la température de l'air, etc.), les modèles déterministes se prêtent bien à l'étude de problèmes liés à des effluents thermiques, lorsqu'il y a mélange d'eaux de températures différentes. Ces modèles sont également utiles dans les études de l'écoulement de l'eau visant à déterminer les effets de prélèvements d'eau sur le régime thermique d'une rivière (c.-à-d. hausses de température attribuables à la réduction du débit ou changements de température en aval de réservoirs).

Au début des années 1970, on a décrit des modèles stochastiques de prévision de la température de l'eau, mais on ne les a utilisés que récemment. Cette méthode de modélisation est bien plus simple que les modèles déterministes puisqu'elle ne nécessite que la température de l'air comme paramètre d'entrée. Les modèles stochastiques de la température de l'eau se prêtent bien aux études du changement

climatique dans lesquels la température de l'air est le seul paramètre qui peut être prédit avec un certain degré de certitude.

La présente étude décrit les deux méthodes de modélisation de la température de l'eau, depuis leur étalonnage jusqu'à leur application, en présentant leurs avantages et leurs désavantages.

Modelling tsunami heights and currents in British Columbia harbours from Cascadia megathrust earthquake/ Modélisation de la hauteur d'un tsunami et des courants dans les havres de la Colombie-Britannique causés par un séisme de mégacharriage. Josef Cherniawsky and Fred Stephenson, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Institute of Ocean Sciences, Sidney, British Columbia V8L 4B2 Tel.: (250) 363-6350 Fax: (250) 363-6323 E-mail: StephensonF@dfo-mpo.gc.ca *and* Vasily Titov, National Oceanic and Atmospheric Administration, Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle, Washington, Unites States *and* Kelin Wang, Geological Survey of Canada, Pacific Geoscience Centre, Sidney, British Columbia / Josef Cherniawsky et Fred Stephenson, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Institut des sciences océanographiques, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2 Tél. : (250) 363-6350 Téléc. : (250) 363-6323 Courriel : StephensonF@dfo-mpo.gc.ca *et* Vasily Titov, National Oceanic and Atmospheric Administration, Pacific Marine Environmental Laboratory, Seattle (Washington) États-Unis *et* Kelin Wang, Commission géologique du Canada, Centre géoscientifique du Pacifique, Sidney (Colombie-Britannique)

Abstract: We present initial results from a new modelling study of coastal sea level changes and currents due to tsunami in Southern British Columbia harbours that may result from projected megathrust earthquake in the Cascadia Subduction Zone. The last such earthquake has occurred in 1700. From published modelling studies on tsunami propagation from Cascadia to Japan and resulting heights along a 900-km stretch of Japan coast, the 1700 earthquake was estimated to have a probable moment magnitude of 8.9-9.1, centered on a 1000-km fault in Cascadia. These studies provide us with estimates of likely scenarios for plate motion at tsunami source. We shall discuss our first case study, a high-resolution (10-m grid) shallow-water equations model of Victoria and Esquimalt harbours, linked to the source region with several lower-resolution nested grids.

Résumé: Ce sont les premiers résultats d'une nouvelle étude de modélisation des variations du niveau marin et des courants dus à un tsunami dans les havres du sud de la Colombie-Britannique qui pourrait avoir été provoqué par un séisme de mégacharriage dans la zone de subduction de Cascadia. Le dernier séisme de ce genre remonte à 1700. D'après les études de modélisation qui ont été publiées sur la propagation des tsunami depuis la zone de subduction de Cascadia jusqu'au Japon et les hauteurs atteintes sur une distance de 900 km le long de la côte du Japon, la magnitude du moment du séisme de 1700 centré sur une faille de 1000 km dans la zone de subduction de Cascadia aurait été, selon les estimations, de 8,9-9,1. Ces études nous permettent de prévoir des scénarios semblables pour le déplacement des plaques au point d'origine d'un tsunami. Nous aborderons notre première étude de cas : un modèle par équations haute résolution (quadrillage à mailles de 10 m) des havres de Victoria et d'Esquimalt, relié à la région source en utilisant plusieurs quadrillages emboîtés à plus faible résolution.

Properties of abundance indices obtained from acoustic data collected by inshore herring gillnet boats/ Propriétés des indices d'abondance provenant de données acoustiques recueillies de bateaux côtiers lors de la pêche au hareng avec filets maillants. Ross Claytor, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2A 4A2, Tel.: (902) 426-4721 Fax: (902) 426-1862 E-mail: ClaytorR@mar.dfo-mpo.gc.ca *and* Jacques Allard, Department of Mathematics and Statistics, Université de Moncton, Moncton, New Brunswick E1A 3E9 Tel.: (506) 866-2655 Fax: (506) 853-7580 / Ross Claytor, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-4721 Téléc. : (902) 426-1862 Courriel : ClaytorR@mar.dfo-mpo.gc.ca *et* Jacques Allard,

Université de Moncton, Département de mathématiques et de statistique, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1A 3E9 Tél. : (506) 866-2655 Téléc. : (506) 853-7580

Abstract: Acoustic data collection during fishing activities can be used to obtain an abundance index. A simulation, calibrated against an experiment conducted during the Pictou, Nova Scotia, Canada, 1997 inshore herring fishery, is used to understand how survey design affects the properties of abundance indices derived from these data. Two fishing survey protocols and random and systematic transect surveys were simulated. During the complete fishing survey protocol, the simulated survey boat collected acoustic data before and after a management-imposed nightly boat limit was caught. In contrast, during the incomplete fishing survey protocol, data collection was terminated when the boat limit was caught. Properties of abundance indices derived from the fishing and transect surveys were examined over five levels of fish dispersion, two conditions of fish mobility, and in the presence and absence of concurrent fleet fishing. All indices were subject to change caused by changing fish dispersion, but only the incomplete fishing survey index was highly unsatisfactory. The complete fishing survey index is more susceptible to change than the transect indices but displays a lower sampling variation across conditions than the transect indices. We conclude that the complete fishing survey index is a viable alternative to the transect indices.

Résumé: La récolte de données acoustiques pendant les activités de pêche commerciale peut servir à établir un indice d'abondance. Une simulation, calibrée d'après une expérience menée durant la saison 1997 de pêche côtière de Harengs à Pictou, Nouvelle-Écosse, Canada, a permis de comprendre comment le plan d'inventaire affecte les propriétés de l'indice d'abondance dérivé de ces données. Deux protocoles d'inventaire de pêche, le transect aléatoire et le transect systématique, ont été simulés. Dans le protocole complet d'inventaire de pêche, le bateau de l'inventaire simulé a récolté des données acoustiques avant et après que le quota de la nuit imposé par les gestionnaires au bateau ait été atteint. En revanche, dans le protocole incomplet, la récolte de données s'est arrêtée lorsque le quota du bateau a été atteint. Les propriétés des indices d'abondance obtenus à partir des inventaires de pêche et les transects ont été examinés sur cinq niveaux de dispersion et deux conditions de mobilité des poissons, ainsi qu'en présence et en absence de pêche par une flottille concurrente. Tous les indices étaient portés à changer d'après la dispersion des poissons, mais seul l'indice obtenu par l'inventaire incomplet était insatisfaisant. L'indice provenant de l'inventaire de pêche complet est plus sujet à changement que les indices obtenus des transects, mais il a une variation d'échantillonnage plus faible dans toute la gamme des conditions d'étude. L'indice obtenu à partir de l'inventaire de pêche complet est donc une alternative acceptable aux indices dérivés des transects.

3-D motion-enhanced visualization of acoustic data/ Visualisation améliorée de données acoustiques par une navigation 3-D.

Ken Cooke, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Pacific Biological Station, 3190 Hammond Bay Road, Nanaimo, British Columbia V9T 6N7 Tel.: (250) 756-7125 Fax: (250) 756-7053 E-mail: CookeK@pac.dfo-mpo.gc.ca *and* Scott Dwyer, Coastal Resource Mapping Ltd., 206-155 Skinner Street, Nanaimo, British Columbia V9R 5E8 Tel.: (250) 754-4323 Fax: (250) 754-4325 E-mail: scott@crmltd.org / Ken Cooke, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Station biologique du Pacifique, 3190, chemin Hammond Bay, Nanaimo (Colombie-Britannique) V9T 6N7 Tél. : (250) 756-7125 Téléc. : (250) 756-7053 Courriel : CookeK@pac.dfo-mpo.gc.ca *et* Scott Dwyer, Coastal Resource Mapping Ltd., 206-155, rue Skinner, Nanaimo (Colombie-Britannique) V9R 5E8 Tél. : (250) 754-4323 Téléc. : (250) 754-4325 Courriel : scott@crmltd.org

Abstract: New imaging techniques for 3-D visualization of acoustic backscatter (Sa) data are shown. Fly-through images and programmed flight paths provide multiple perspectives of classified target distributions in association with other biological scatterers and bottom topography. Results illustrate how true spatial correlation of various data types can enhance our understanding of the marine environment. Motion-enhanced processing suggests additional species-specific information can be obtained by viewing the full spatial dimension of acoustic targets in the water column. Coincident visualization of a whole suite of environmental data will improve our ability to measure ecosystem structure and to monitor ecosystem health.

Résumé: De nouvelles techniques de visualisation 3-D des données de rétrodiffusion acoustique sont présentées. Les images tridimensionnelles et les parcours de vol programmés offrent des perspectives multiples aux distributions de cibles classifiées en association avec des diffuseurs biologiques et la topographie du fond. Les résultats illustrent comment la corrélation spatiale réelle de divers types de données peuvent améliorer notre connaissance du milieu marin. Le traitement amélioré par une navigation 3-D donne accès à des informations additionnelles par la visualisation spatiale complète des cibles acoustiques dans la colonne d'eau. La visualisation concurrente de toute une suite de données environnementales permettra d'améliorer notre capacité de mesurer la structure de l'écosystème et de surveiller la santé des écosystèmes.

Hydroelectric development in Canada: The role of DFO Science/ Aménagement hydroélectrique au Canada : le rôle du Secteur des sciences du MPO. Jean-Maurice Coutu, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Environmental Science Branch, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 993-0007 Fax: (613) 998-3329 E-mail: CoutuJM@dfo-mpo.gc.ca / Jean-Maurice Coutu, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 998-1446 Téléc. : (613) 998-3329 Courriel : CoutuJM@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Demand for energy is rising in North America, and the hydroelectricity sector is following the trend. Since hydroelectric projects may affect fish habitats, fishery resources and navigable waters, a number of these projects will be submitted to DFO under the *Fisheries Act* and the *Navigable Waters Protection Act*, a process which triggers environmental assessments under the *Canadian Environmental Assessment Act*.

The Environmental Science Branch (ESB) will be asked to offer scientific advice and technical comments to program heads, particularly at the Fish Habitat Management Branch, which coordinates the environmental assessment process for these projects on behalf of the Department. The ESB will also try to identify any potential problems that have not been understood in light of current knowledge. Further clarification of scientific gaps in the assessment of hydroelectric projects will also facilitate greater consistency in DFO decisions regarding these projects.

Résumé: La demande en énergie est croissante en Amérique du Nord. La filière hydroélectrique suit la tendance. Puisque les projets hydroélectriques peuvent avoir des impacts sur l'habitat du poisson, les ressources halieutiques et les eaux navigables, plusieurs de ces projets seront soumis au MPO en vertu de la *Loi sur les Pêches* et de la *Loi sur la protection des eaux navigables*, ce qui entraîne la réalisation d'évaluations environnementales en vertu de la *Loi canadienne sur l'évaluation environnementale*.

La Direction des Sciences de l'Environnement (DSE) sera appelée à fournir des avis scientifiques et des commentaires techniques aux responsables de ces programmes, plus particulièrement à la Direction de la Gestion de l'habitat du poisson qui coordonne le processus d'évaluation environnementale de ces projets pour le Ministère. De plus, la DSE tentera d'identifier des problèmes éventuels qui n'auraient pas été cernés par les connaissances actuelles. Une meilleure connaissance des lacunes scientifiques reliées à l'évaluation des projets hydroélectriques permettra aussi une meilleure uniformisation des décisions prises par le MPO à l'égard de ces projets.

Gonad and kidney histology of wild fathead minnow and pearl dace experimentally treated with ethynylestradiol in Lake 260, Experimental Lakes Area, Ontario/ Histologie des gonades et des reins de têtes-de-boule et de mulets perlés sauvages exposés à l'éthynyloestradiol dans le lac 260 de la Région des lacs expérimentaux, en Ontario. R.E. Evans, V.P. Palace, K. Wautier, C. Baron, J.F. Klaverkamp and K. Kidd, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501

University Crescent, Winnipeg, Manitoba, R3T 2N6, Tel.: (204) 983-5006, Fax: (204) 984-6587 E-mail: EvansR@dfo-mpo.gc.ca / R.E. Evans, V.P. Palace, K. Wautier, C. Baron, J.F. Klaverkamp et K. Kidd, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-5006 Téléc. : (204) 984-6587 Courriel : EvansR@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: A lake experimentally treated with the synthetic estrogen, 17a-ethynylestradiol (EE2) is being used to study potential effects of contaminants with estrogenic activity in fish. From late May to October 2001, EE2 was added to Lake 260, a 34-hectare lake in the Experimental Lakes Area of northwestern Ontario. Concentrations of EE2 in epilemnetic waters ranged from 4.0 – 8.1 ng/L, with a mean (±SD) of 6.0 (± 2.8) ng/L. Fathead minnows (*Pimephales promelas*) captured from Lake 260 in September 2001 had higher concentrations of the egg yolk precursor vitellogenin (VTG) than fish taken from two reference lakes and than pre-addition samples (September 1999 and 2000) from Lake 260. The posterior kidneys of fathead minnow had histological evidence of renal malfunction including tissue edema. Pearl dace (*Semotilus margarita*) kidney was not affected. Male fathead minnows in Lake 260 showed widespread fibrosis and inhibition of testicular development. One third of the pearl dace testes had testis-ova while the smaller fish (year 1) showed inhibited testis development. Differential oocyte counts revealed greater numbers of endogenous yolk stage oocytes in Lake 260 dace hence a smaller proportion of vitellogenic eggs. This could potentially result in reduced fecundity at spring spawning.

Résumé: Un lac dans lequel a été déversé expérimentalement de la fin-mai à octobre 2001 l'œstrogène de synthèse 17α-éthynyloestradiol (EE2) est utilisé pour étudier les effets potentiels de contaminants à activité oestrogénique sur le poisson. Il s'agit du lac 260, d'une superficie de 34 hectares, situé dans la région des lacs expérimentaux, dans le Nord-Ouest de l'Ontario. Les échantillons prélevés ont indiqué que les concentrations de la substance dans l'épilimnion variaient de 4,0 à 8,1 ng/L, pour une moyenne de 6,0 ± 2,8 (écart-type) ng/L. Les têtes-de-boule (*Pimephales promelas*) capturés dans ce lac en septembre 2001 contenaient plus de vitellogénine (précurseur du vitellus) que les poissons capturés dans deux lacs témoins et ceux capturés dans le même lac avant le déversement (septembre 1999 et 2000). Le rein postérieur du tête-de-boule présentait des signes histologiques de dysfonction, y compris des œdèmes tissulaires. Le rein du mulet perlé (*Semotilus margarita*), par contre, était normal. Chez les têtes-de-boule mâles, une fibrose très étendue a été observée, ainsi qu'une inhibition du développement testiculaire. Le tiers des testicules des mulets contenaient des ovocytes, et une inhibition du développement testiculaire a été notée chez les poissons plus petits (première année). Les dénombrements d'ovocytes ont révélé des nombres plus élevés d'ovocytes au stade vitellus endogène dans les mulets du lac 260, donc une proportion plus faible d'œufs vitellogènes. Il pourrait en découler une réduction de la fécondité lors du frai printanier.

The role of DFO Environmental Science in the aquatic invasive species issue/ Le rôle de la Direction des sciences de l'environnement du MPO dans le dossier des espèces aquatiques envahissantes.

Trudie Forbes, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Environmental Science Branch, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 991-6863 Fax: (613) 998-3329 E-mail: ForbesT@dfo-mpo.gc.ca / Trudie Forbes, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Direction des sciences de l'environnement, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 991-6863 Téléc. : (613) 998-3329 Courriel : ForbesT@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Aquatic invasive species in Canadian waters are a concern for all regions. Once a species is established, it is very difficult to eradicate. Prevention of new introductions is recognized as the best response to threats posed by invasive species.

Several initiatives are underway to better address this threat to our aquatic ecosystems, habitats and native species:

- The Canadian Council of Fisheries and Aquaculture Ministers (CCFAM) agreed to direct a new task group to look at reducing the risks posed by new introductions of species. DFO will co-chair this task group with Ontario.
- Wildlife Ministers approved that Environment Canada will lead the coordination of a National Action Plan on Invasive Species. Within the national plan, DFO will lead the working group on aquatic invasive species.
- The Marine Environment Protection Committee of the International Maritime Organization is drafting an international convention on ballast water management practices to address the major vector of new introductions.

Both the International Joint Commission and the Auditor General have released reports this year, critical of the overall level of effort by federal government departments on invasive species.

DFO scientists are engaged in many aspects of this challenging file. The current annual level of effort is about 20 FTEs and $1.5 million. Including the sea lamprey control program boosts the levels to 60 FTEs and more than $7 million. The Environmental Science Branch supports research on non-indigenous species through the Environmental Science Strategic Research Fund ($450,000 over three years). Greater effort and resources are required.

Résumé: Les espèces aquatiques envahissantes dans les eaux canadiennes sont une préoccupation dans toutes les régions. Une fois établie, une espèce est très difficile à éradiquer. La prévention de nouvelles introductions est reconnue comme la meilleure solution aux menaces que représentent les espèces envahissantes.

Plusieurs initiatives sont en cours afin de mieux gérer cette menace pour nos écosystèmes, nos habitats et nos espèces indigènes aquatiques :

- Le Conseil canadien des ministres des pêches et de l'aquaculture (CCMPA) a accepté de charger un nouveau groupe de travail d'étudier les possibilités de réduire les risques que posent les nouvelles espèces introduites. Le MPO coprésidera ce groupe avec l'Ontario.
- Les ministres de la faune ont approuvé la nomination d'Environnement Canada à la direction de la coordination du Plan d'action national sur les espèces envahissantes. Dans ce plan, le MPO dirigera le groupe de travail sur les espèces aquatiques envahissantes.
- Le Comité de la protection du milieu marin (CPMM) de l'Organisation maritime internationale élabore une convention internationale sur les pratiques de gestion des eaux de ballast afin d'éliminer le principal vecteur de nouvelles introductions.

Au cours de la présente année, la Commission mixte internationale et le vérificateur général ont tous deux publié un rapport où ils critiquent le peu d'effort global des ministères fédéraux dans la lutte contre les espèces envahissantes.

Les chercheurs du MPO travaillent sur de nombreux aspects de ce dossier difficile. À l'heure actuelle, le niveau d'effort annuel est autour de 20 ETP et de 1,5 millions de dollars. Le Programme de lutte contre la lamproie marine fait augmenter ce niveau à 60 ETP et à plus de 7 millions par année. La Direction des sciences de l'environnement finance des projets de recherche sur des espèces non indigènes par l'intermédiaire du Fonds de recherche stratégique en sciences environnementales (450 000 $ sur trois ans). Davantage de travaux et de ressources sont nécessaires.

Relationships among physical habitat variables, hydraulics and predictions of fish electroshocking CPUE/ Relations entre les variables physiques de l'habitat, l'hydraulique et les prévisions des PUE de poissons par électropêche.

William G. Franzin, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Cr., Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-5082 Fax: (204) 984-2404 E-mail: FranzinW@dfo-mpo.gc.ca *and* Patrick A. Nelson, University of Manitoba, Department of Zoology, Winnipeg, Manitoba R3T 2N2 Tel.: (204) 983-5142 Fax: (204) 984-2404 E-mail: NelsonPat@dfo-mpo.gc.ca / William G.

Franzin, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-5082 Téléc. : (204) 984-2404 Courriel : FranzinW@dfo-mpo.gc.ca *et* Patrick A. Nelson, Université du Manitoba, Département de zoologie, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N2 Tél. : (204) 983-5142 Téléc. : (204) 984-2404 Courriel : NelsonPat@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Given that the 'Instream Flow Incremental Methodology – Physical Habitat Simulation Model' (IFIM-PHABSIM) is the standard method for prescribing instream flows for fish communities, we need to understand as accurately as possible the relationships among fish species and habitat variables. In order to assess our predictive ability, large-scale transect samples were used to develop suitability curves for testing samples obtained at smaller IFIM-style reaches (in the same stream). The observed IFIM CPUE values were then compared to expected values from the long transect CPUE values. Analyses were carried out on a per species basis. Catches on IFIM-scale micro-habitats were highly variable and provided little predictive power on a per sample basis, however, the reach averages showed a good fit. More precisely, when fish occur, they are where you expect them to be, but whether they will occur at all is uncertain. Sample size, sample effort, and capture method all have biases that affect the choice of statistics and analyses in comparative studies. This last point is of particular relevance considering that the round table method of suitability curve development often is in the absence of quality data. The results presented here are initial attempts at developing more rigorous analytical methods using the common language of hydraulics and habitat. The need for standardized methods for assessing the productive capacity of aquatic habitats is growing; indeed the need for predictive capacity is requisite to conserve productive capacity.

Résumé: Étant donné que la méthode des microhabitats « Instream Flow Incremental Methodology – Physical Habitat Simulation Model » [PHABSIM-IFIM] est la méthode normalisée pour déterminer des débits minimaux pour les communautés de poissons, il importe de comprendre le mieux possible les relations entre les espèces de poissons et les variables de l'habitat. Afin d'évaluer notre capacité de prévision, nous avons utilisé les résultats d'un échantillonnage sur transect à grande échelle pour établir des courbes de qualité de l'habitat devant servir à tester les échantillons obtenus dans les tronçons de type IFIM plus petits (dans le même cours d'eau). Nous avons ensuite comparé les valeurs de PUE IFIM observées aux valeurs prévues d'après les valeurs de PUE pour les longs transects. Nous avons effectué les analyses pour chaque espèce séparément. Les prises dans les microhabitats de même échelle que l'IFIM se sont révélées très variables et n'ont pas fait preuve d'une grande efficacité prédictive au niveau de chaque échantillon. Cependant, les moyennes des tronçons présentaient une bonne adéquation. Plus précisément, la présence du poisson demeure incertaine, mais lorsqu'il est présent, il l'est aux endroits prévus. La taille des échantillons, l'effort d'échantillonnage et la méthode de prise sont tous biaisés et ils influent sur le choix des statistiques et des analyses utilisées dans les études comparatives. Ce dernier point est d'une importance particulière étant donné l'absence de données de qualité, souvent, pour appuyer l'établissement de courbes de qualité de l'habitat par la méthode de la table ronde. Les résultats présentés ici sont le fruit de premiers efforts en vue d'élaborer des méthodes d'analyse plus rigoureuses utilisant le langage commun des sciences de l'hydraulique et de l'habitat. Le besoin de méthodes normalisées pour évaluer la capacité de production des habitats aquatiques ne cesse d'augmenter. En effet, la capacité de prévision est essentielle au maintien de la capacité de production.

Evaluating sample stratification for shrimp assessments using acoustic seabed classification information/ Évaluer l'échantillonnage stratifié pour l'évaluation des stocks de crevettes en utilisant les renseignements de classification des fonds marins par acoustique

. James L. Galloway and James A. Boutillier, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Canadian Hydrographic Service, Institute of Ocean Sciences, P.O. Box 6000, Sidney, British Columbia V8L 4B2 Tel.: (250) 363-6316 Fax: (250) 363-6323 E-mail: GallowayJ@pac.dfo-mpo.gc.ca / James L. Galloway et James A. Boutillier, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Service hydrographique du Canada, Institut des sciences de la mer, C.P. 6000, Sidney (Colombie-Britannique) V8L 4B2 Tél. : (250) 363-6316 Téléc. : (250) 363-6323 Courriel : GallowayJ@pac.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Fisheries and Oceans Canada has conducted a series of integrated dual frequency acoustic seabed classification and shrimp assessment bottom trawl surveys. This program is designed to evaluate differences in assessment indices both from sampling locations selected systemically, and through stratified random sampling using changes in seabed acoustic diversity to stratify the assessment area. This diversity is generally well correlated with both geomorphology and those seafloor components which are sensitive to shrimp communities

Some shrimp species are generally benthic organisms and rely on the seafloor as a suitable habitat for housing, nutrition, and protection from predation. This preferred habitat can be mapped for acoustic diversity and results used to supplement conventional stock assessment indices. Acoustic seabed classification technology directly measures seafloor and associated substrate acoustic diversity.

Shrimp densities from the bottom trawl catch data were compared to seabed classification derived from acoustic diversity measurements. Care was taken to ensure each density estimate used was matched to a locally coherent colour-coded acoustic class to avoid spanning multiple classes during the 500 m trawl. Approximately half of the 131 trawls satisfied this criterion. More complex areas including regimes of black, green, and yellow classes generally failed the coherency test. Mean shrimp densities in kg/m^2 for the remaining red and blue classes revealed a significant correlation with the acoustic class.

Acoustic mapping of marine habitat presents one of the best opportunities for incremental improvement in both stock assessment of benthic communities and habitat health.

Résumé: Pêches et Océans Canada a mené une série de classification des fonds marins au moyen d'un dispositif acoustique intégré à deux fréquences et a procédé à une évaluation des stocks de crevettes par des relevés au chalut de fond. Ce programme est conçu pour évaluer les différences ayant trait aux indices d'évaluation caractérisés à la fois à partir d'emplacements d'échantillonnage choisis par la méthode systémique et d'échantillonnage aléatoire stratifié. Ceci est déterminé par des changements constatés dans la diversité acoustique des fonds marins qui permettent de stratifier la zone d'évaluation. D'une façon générale, cette diversité est bien corrélée entre la géomorphologie et les composantes du fond marin, lesquels sont vulnérables aux populations de crevettes.

De façon générale, certaines espèces de crevettes sont des organismes benthiques qui comptent sur le fond marin comme habitat favorable pour loger, nourrir et protéger contre la prédation. Cet habitat privilégié peut être porté sur la carte pour la diversité acoustique et les résultats servent à compléter les indices d'évaluation des stocks traditionnels. La technologie acoustique utilisée pour la classification des fonds marins mesure directement la diversité acoustique du fond marin et ses substrats connexes.

Les densités de population de crevettes évaluées à partir de données recueillies par relevé au chalut de fond, ont été comparées avec la classification des fonds marins calculée à partir de mesures de diversité acoustique. Des précautions ont été prises afin de s'assurer que chacune des estimations des densités correspondait à une classe acoustique à code de couleur locale cohérente afin d'éviter une étendue des classes multiples au cours du chalutage effectué sur une distance de 500 m. Près de la moitié des 131 relevés au chalut de fond ont satisfait à ce critère. De façon générale, davantage de zones complexes, y compris les régimes des classes de couleur noire, verte et jaune, ne se sont pas conformées au test de cohérence. Les densités moyennes de population de crevettes (exprimées en kg/m^2) des classes restantes de couleur rouge et bleue, ont révélé une corrélation significative par rapport à la classe acoustique.

Le fait de porter sur la carte la diversité acoustique de l'habitat marin constitue une des meilleures façons d'améliorer graduellement l'évaluation des stocks des communautés benthiques et la santé de l'habitat.

Seasonal circulation and transport mechanism across the outer Laurentian Channel/ Mécanisme de transport et circulation saisonnière dans la partie extérieure du chenal Laurentien.

Guoqi Han, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, Northwest Atlantic Fisheries Centre, Biological and Physical Oceanography Section, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772 4326 Fax: (709) 772 4105 E-mail: HanG@dfo-mpo.gc.ca / Guoqi Han, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, Section d'océanographie biologique et physique, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-4326 Téléc. : (709) 772-4105 Courriel : HanG@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Seasonal-mean circulation and hydrography in the outer Laurentian Channel proper (including the southwestern Newfoundland Shelf, the Laurentian Channel seaward of Cabot Strait, and the eastern end of the Scotian Shelf) are studied using a three-dimensional nonlinear finite-element model with an advanced turbulence closure. The model solutions reproduce density- and wind-driven circulation and tidal currents, and associated sea level, hydrographic and turbulence fields. The model circulation is dominated by surface-intensified flows with significant seasonal and spatial variations. Connections between the Newfoundland and Scotian Shelves vary seasonally, with year-round currents along the shelf edge, crossover flows across the outer Laurentian Channel, and indirect circulation via the Gulf of St. Lawrence. Influences of topographic features are pronounced in the model circulation fields.

Introduction

The outer Laurentian Channel seaward of Cabot Strait and its adjacent shelves (the southern Newfoundland Shelf and the eastern Scotian Shelf) (Fig. 1) are a confluence region of the Labrador Current water from the north, the Gulf of St. Lawrence water through the western Cabot Strait, and the Slope Water offshore. The bank and channel topographies can place strong local constraints on the sub-innertial circulation (e.g., topographic steering) and result in different local modifications of the basic hydrographic structure and circulation pattern. In this study we use the Dartmouth prognostic finite element model (Lynch et al., 1996) to refine hydrographic fields from historical data and associated diagnostic flow fields. The primary objective is to provide a quantitative description of observationally based and dynamically consistent climatological seasonal-mean circulation on the southwestern Newfoundland Shelf and crossover currents across the outer Laurentian Channel.

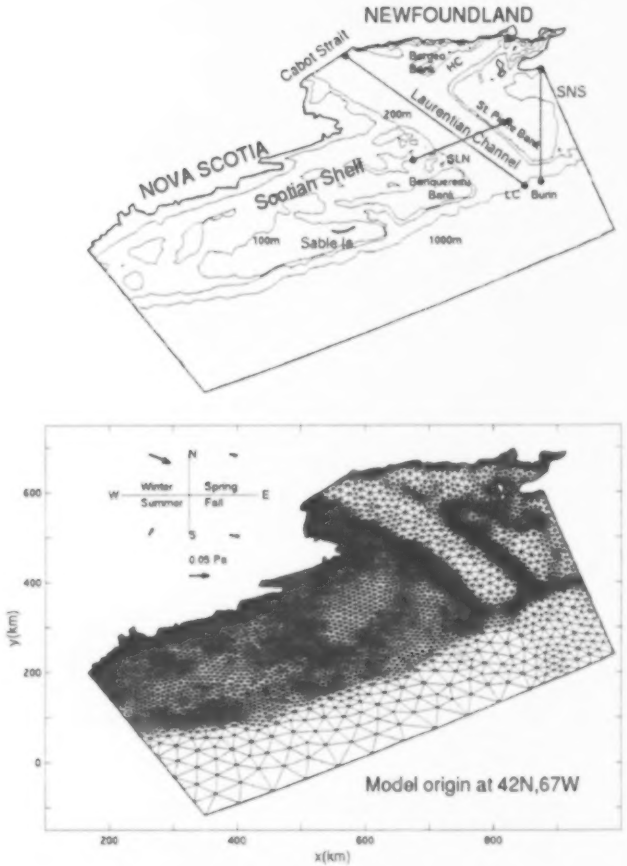


Figure 1. Model domain, climatological seasonal-mean wind stresses at Sable Island, and grid mesh. HC: Hermitage Channel. SNS: Southern Newfoundland Shelf.

Methodology

The QUODDY4 prognostic FE model (Lynch et al., 1996) consists of 3-D nonlinear primitive equations with level 2.5 turbulence closure. The model has a triangular FE mesh in the horizontal and 21 unequally spaced nodes in the vertical.

The model is forced by baroclinic (and associated barotropic) pressure gradients, steric heights at the open boundary calculated with no normal flow at the sea bottom, and uniform seasonal-mean wind stresses based on Sable Island data (Fig.1). M2 and K1 tides are specified at the open boundary.

The model is initialized with seasonal-mean diagnostic solutions, and refined through nudging interior temperature and salinity towards climatology for eight M2 cycles for each season.

Results

Surface M2 and K1 tidal currents (Fig. 2) from the spring solution (subsampled for clarity) are less than 10 cm/s in the outer Laurentian Channel and over the inner shelf south of Newfoundland, and relatively stronger (up to 30-40 cm/s for M2) over the shallow banks. The intensification of the K1 currents, much

stronger than expected for a Kelvin wave, may be ascribed to the occurrence of a resonant first-mode shelf wave at the diurnal frequency. The bottom tidal currents are also substantial over the banks (Fig.2).

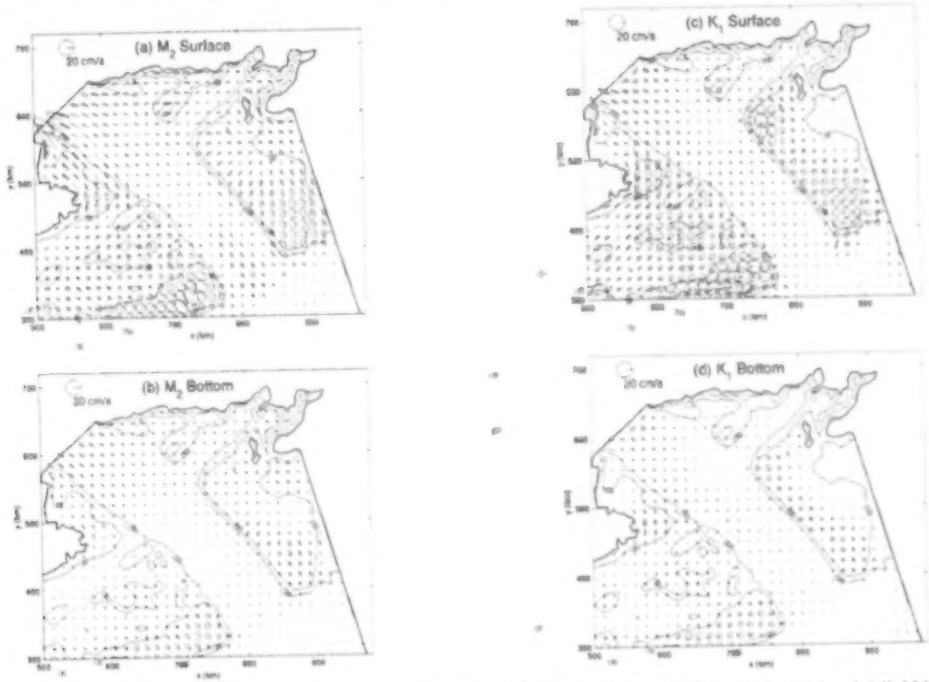


Figure 2. Model tidal current ellipses. (a) M2 surface, (b) M2 bottom, (c) K1 surface and (d) K1 bottom.

The model solutions indicate year round inflow through the southwest Newfoundland Shelf boundary on the outer shelf and the shelf edge (Fig. 3). A considerable portion of this inflow continues southwestward along the shelf edge and the upper continental slope, and the rest turns right and moves along the eastern side of the outer Laurentian Channel with some heading towards Cabot Strait and some crossing across the Laurentian Channel. However, seasonal differences are notable. There are seasonally variable (partial) anticyclonic gyres over St. Pierre Bank. The strong and continuous nearshore flow along the southern coast of Newfoundland only occurs in fall. The seaward flow on the western side of Laurentian Channel is broadest and strongest in fall.

The model current fields (including seasonal-mean, M2 and K1 unless specified otherwise) are used to track numerical drifters released at 5- and 50-m depth on the Burin (Fig. 4a) and SLN (Fig. 4b) sections in spring and fall. No vertical movement is allowed in all the experiments. In spring, the Burin 5-m release indicates retention over St. Pierre Bank and crossovers across the Laurentian Channel west of the Bank. Stronger retention can be seen in the 50-m release. Exclusion of tidal currents has some notable differences, but tidal effects should be more significant over the shallow banks if dispersion due to tidal mixing is included in the experiment. The fall 5-m release demonstrates major pathways towards Cabot Strait and subsequent crossovers near the Strait. The SLN release (Fig.4b) indicates movement towards the inner Newfoundland Shelf on the eastern side of the Channel, and subsequent crossovers across the Laurentian Channel. The drifters on the western SLN section moves westward onto the eastern Scotian Shelf and offshore along the eastern side of the Channel.

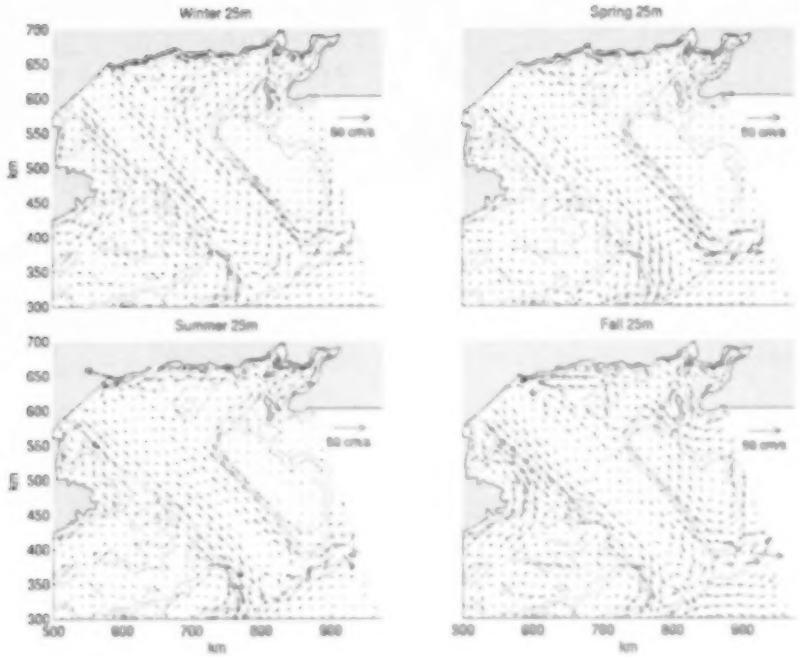


Figure 3. Model mean currents at the 25-m depth for winter (upper left), spring (upper right), summer (lower left) and fall (lower right), respectively.

The model solutions at the Burin section (Fig. 5) show significant seasonal variations of the shelf-break current (positive westward). There is no evidence of Slope Water at depth, with a typical two-layer temperature distribution in summer. The model density structure varies from well-mixed subareas over the top of St. Pierre Bank and weak surface to bottom fronts around the bank in winter, to moderate stratification in summer in the upper water column. At the SLN section the Slope Water intrusion at depth is suggested, with a three-layer temperature structure in summer (Fig. 6). The dominance of baroclinicity is evident from the isopycnal slopes and the strong vertical shears. There are also strong seasonal fluctuations in the seaward flow on the western channel and the opposite flow on the eastern channel. The spring and summer have shallow seaward flows with the opposite flow occupying the entire channel at depth, while the fall has broad seaward flow through most of the channel.

For the most of the Laurentian Channel section, the model solutions indicate relatively weak and broad crossover flows from the Newfoundland Shelf to the Scotian Shelf year round, except in summer (Fig. 7). There are surface intensified westward jets over the shelf edge in the winter/fall. Similar westward jets are apparently more offshore (over the 1000-m isobath) with weaker counterflows over the shelf edge in the spring/summer (see also Fig. 3). Intrusion of the Slope Water at depth is indicated. Relatively strong stratification occurs in the upper water column in summer.

Conclusions

We have used a 3-D prognostic, fully nonlinear, finite-element model with an advanced turbulence scheme to quantitatively describe climatological seasonal-mean hydrography and circulation and tidal currents on the southern Newfoundland Shelf and in the outer Laurentian Channel. The tidal currents are relatively stronger over shallow banks. The model circulation is dominated by surface-intensified flows with significant seasonal and spatial variations. Connections between the Newfoundland and Scotian Shelves vary seasonally, with year-round currents along the shelf edge, crossover flows across the outer Laurentian Channel, and indirect circulation via the Gulf of St. Lawrence. Influences of topographic features are pronounced in the model circulation fields.

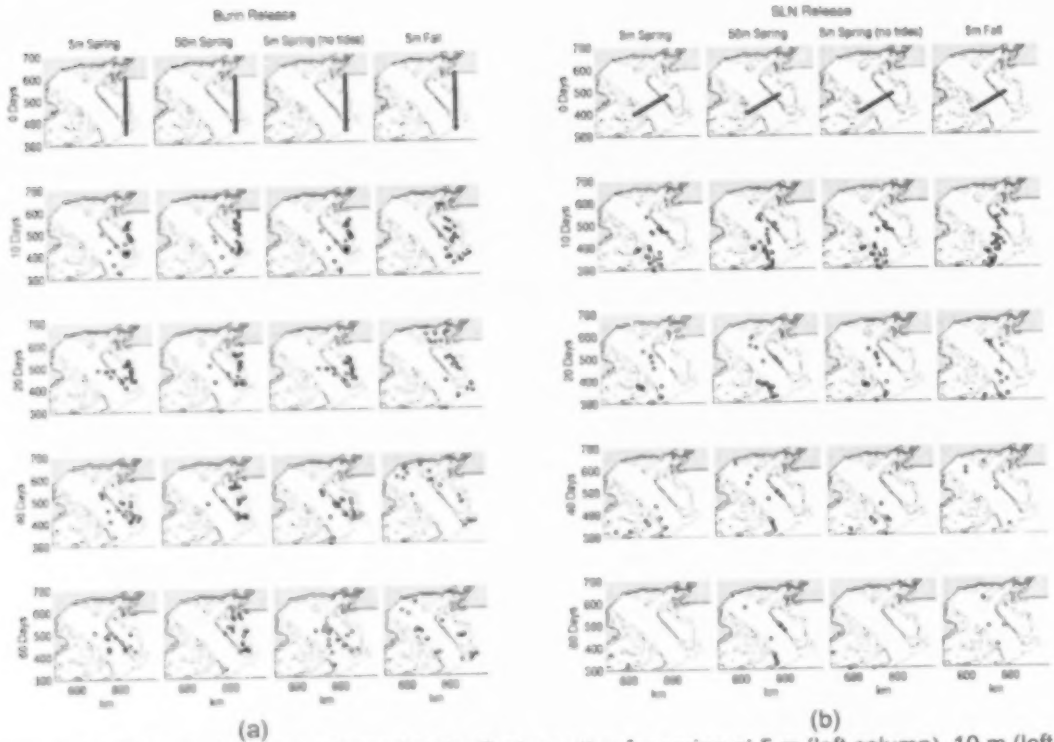


Figure 4. (a) Drifter trajectories released at the Burin section for spring at 5 m (left column), 10 m (left middle column), 5 m with no tide (middle right column), and 5 m in fall (right column), respectively. The panels in each column are for 0, 10, 20, 40 and 60 days after the initial release. (b) Same as (a), but for the SLN release.

Acknowledgement

I would like to thank Shawn Oakey for assistance in tracking drifters and making plots.

Reference

Lynch, D.R., J.T.C. Ip, C.E. Naimie, and F.E. Werner, 1996: Comprehensive coastal circulation model with application to the Gulf of Maine, *Continental Shelf Research*, 16, 875-906.

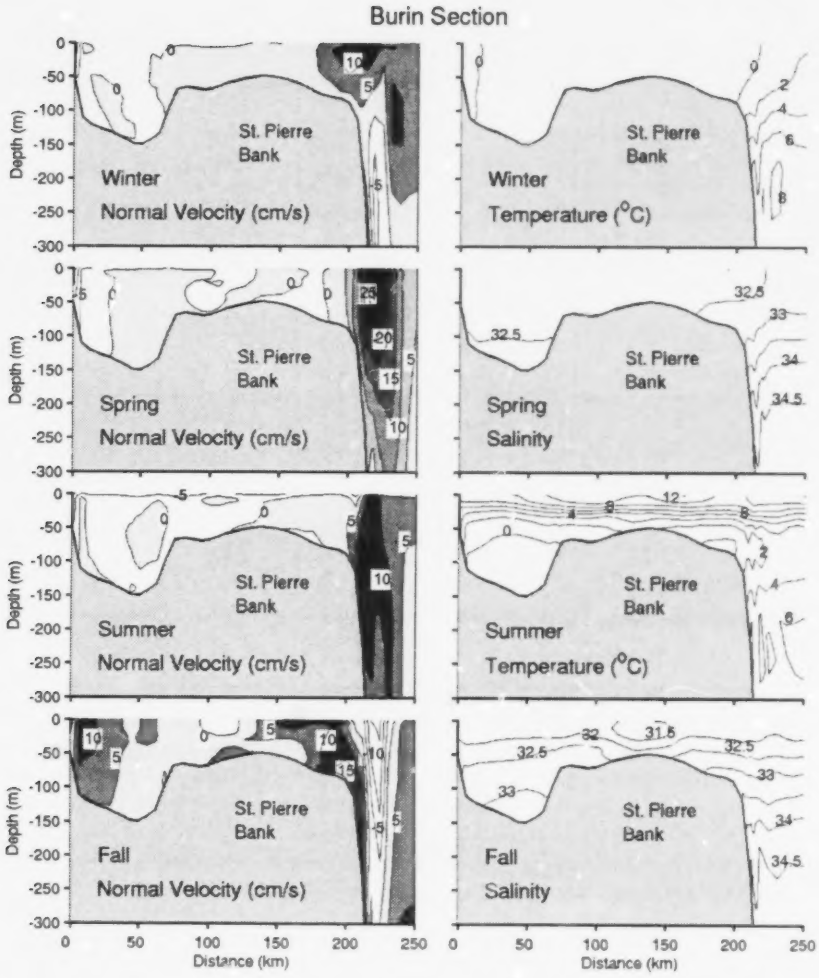


Figure 5. Model normal currents (left column) at the Burin section for winter, spring, summer and fall (from top to bottom), respectively. The four panels (from top to bottom) in the right column are the winter temperature, spring salinity, summer temperature and fall salinity, respectively. See Fig.1 for the section location.

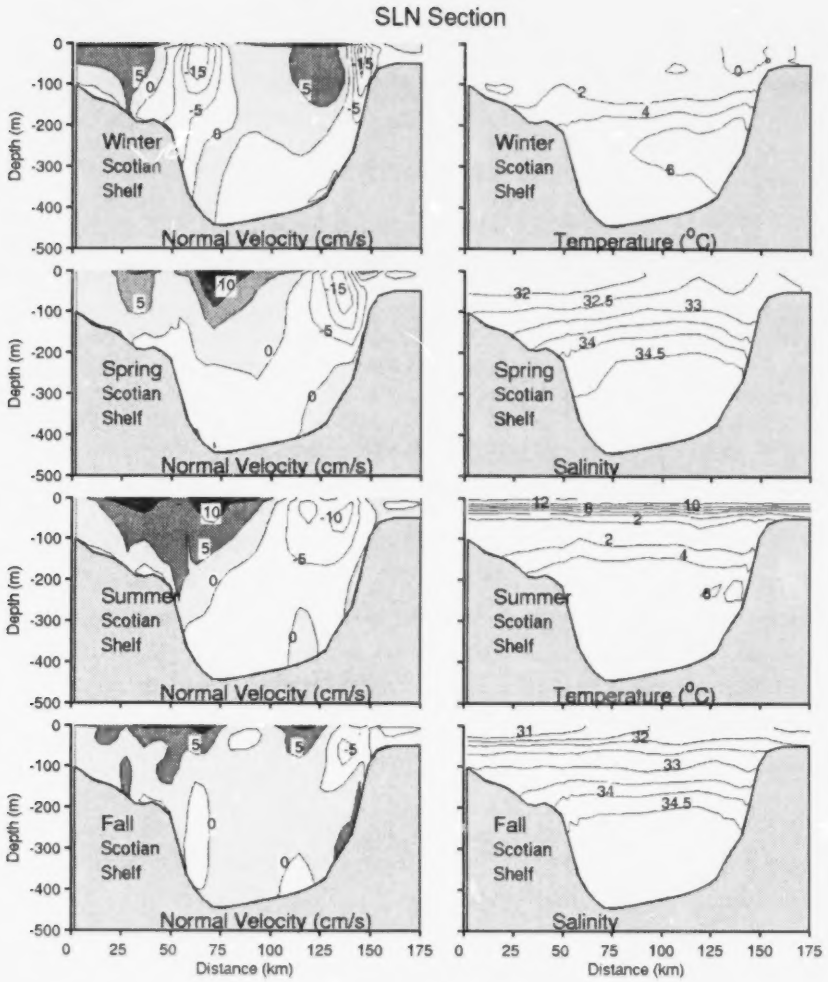


Figure 6. Same as Fig. 5, but for the SLN section.

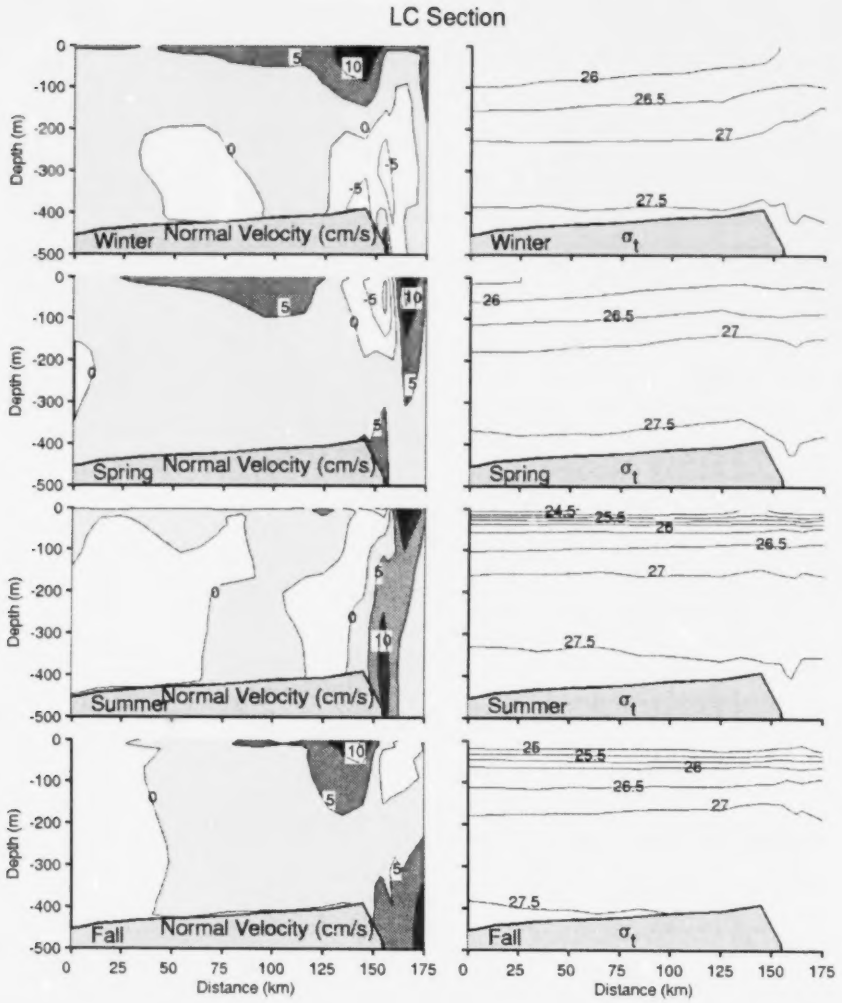


Figure 7. Model normal currents (left column, in cm/s) and density (right column, in kg/m^3) at the Laurentian Channel section for winter, spring, summer and fall, respectively. [See Fig. 1 for the section location.]

Résumé: Pour étudier l'hydrographie et la circulation moyenne saisonnière dans la partie extérieure du chenal Laurentien (incluant le sud-ouest de la plate-forme de Terre-Neuve, le chenal Laurentien au large du détroit de Cabot et l'extrémité est de la plate-forme Néo-Écossaise), on utilise un modèle par éléments finis non linéaire en trois dimensions avec une fermeture de turbulence évoluée. Les solutions modélisées reproduisent les courants des marées et la circulation due aux vents et à la densité, ainsi que les champs de turbulence, l'hydrographie et le niveau de mer associés. La circulation modélisée est dominée par des écoulements intensifiés à la surface et à variations saisonnières et spatiales importantes. Les relations entre la plate-forme de Terre-Neuve et la plate-forme Néo-Écossaise varient selon les saisons, avec des courants permanents le long de la bordure de la plate-forme, des écoulements qui traversent la partie

extérieure du chenal Laurentien et la circulation indirecte par le golfe du Saint-Laurent. Les influences des entités topographiques sont marquées dans les champs de la circulation modélisée.

Introduction

La partie extérieure du chenal Laurentien au large du détroit de Cabot et ses plates-formes adjacentes (le sud de la plate-forme de Terre-Neuve et l'est de la plate-forme Néo-Écossaise) (fig. 1) constituent une région où confluent les eaux du courant du Labrador provenant du Nord, les eaux du golfe du Saint-Laurent traversant l'ouest du détroit de Cabot et les eaux du talus venant du large. La topographie de bancs et de chenaux peut imposer d'importantes contraintes locales sur la circulation sub-inertielle (p. ex., dirigée par la topographie) et modifier localement la structure hydrographique de base et les trajectoires de circulation. Dans la présente étude, nous utilisons le modèle de prévision par éléments finis Dartmouth (Lynch et al., 1996) pour affiner les champs hydrographiques établis à partir de données historiques et les champs d'écoulement diagnostiques associés. L'objectif principal est de produire une description quantitative de la circulation climatologique moyenne saisonnière basée sur des observations et dynamiquement cohérente sur le sud-ouest de la plate-forme de Terre-Neuve ainsi que des courants qui traversent la partie externe du chenal Laurentien.

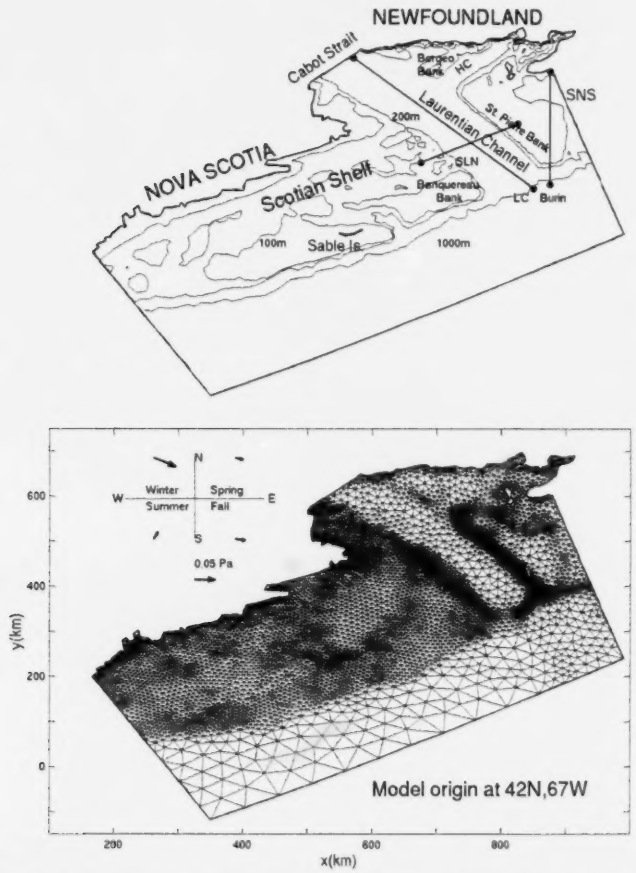


Figure 1. Domaine du modèle, tensions climatologiques moyennes saisonnières du vent à l'île de Sable et maillage. HC : cuvette Hermitage; SNS : sud de la plate-forme de Terre-Neuve.

Méthode

Le modèle de prévision par éléments finis QUODDY4 (Lynch et al., 1996) comporte des équations primitives non linéaires 3-D et une fermeture de turbulence de 2,5. Le modèle a des mailles triangulaires EF dans le sens horizontal et 21 noeuds inégalement espacés dans le sens vertical.

Pour forcer le modèle, on utilise les gradients de la pression barocline (et barotrope associée), les hauteurs stériques à la limite ouverte calculées sans écoulement normal sur le fond océanique et les tensions moyennes saisonnières uniformes du vent basées sur les données provenant de l'île de Sable (fig.1). Les marées M2 et K1 sont spécifiées à la limite ouverte.

Le modèle est initialé avec des solutions diagnostiques moyennes saisonnières et affiné en poussant la température et la salinité intérieures vers les valeurs climatiques, et ce, pour huit cycles M2 à chaque saison.

Résultats

Les courants de marée M2 et K1 en surface (fig. 2) de la solution printemps (sous-échantillonnée pour plus de clarté) ne dépassent pas 10 cm/s dans la partie externe du chenal Laurentien et au-dessus de la partie interne de la plate-forme au sud de Terre-Neuve mais ils sont relativement plus forts (jusqu'à 30-40 cm/s pour M2) au-dessus des bancs peu profonds. L'intensification des courants K1, plus forts que prévus pour une onde de Kelvin, peut être attribuée à la présence d'une onde de plate-forme résonnante de premier mode à la fréquence diurne. Les courants de marée de fond sont également substantiels au-dessus des bancs (fig. 2).

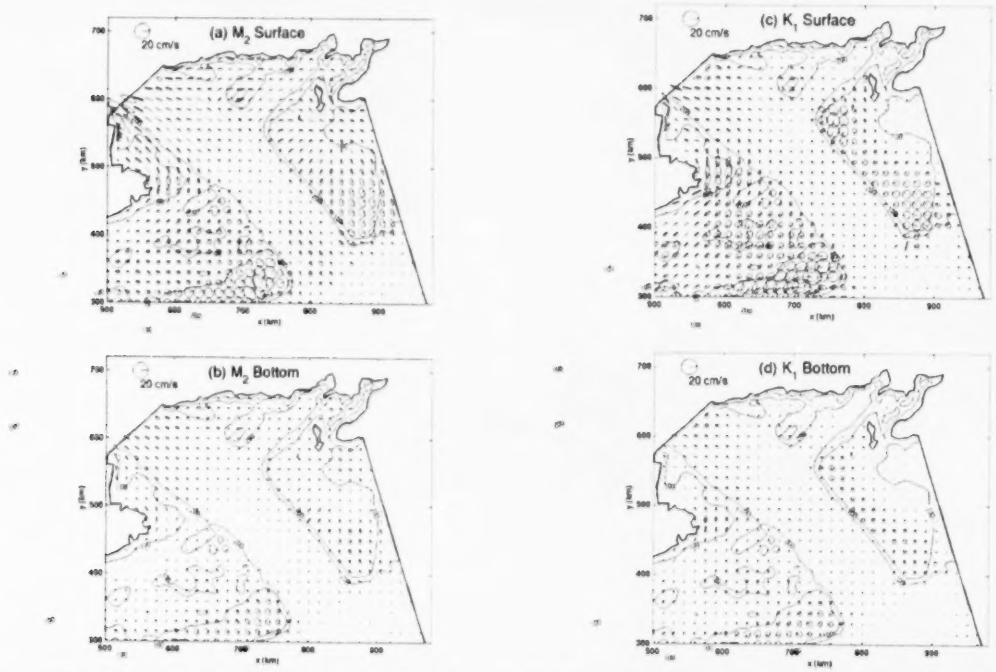


Figure 2. Ellipses des courants de marée du modèle. (a) M2 de surface, (b) M2 de fond, (c) K1 de surface et d) K1 de fond.

Les solutions du modèle indiquent un afflux pendant toute l'année au-delà de la limite sud-ouest de la plate-forme de Terre-Neuve sur la partie extérieure de la plate-forme et son rebord (fig. 3). Une portion considérable de cet afflux s'écoule vers le sud-ouest en longeant le rebord de la plate-forme et le haut du

talus continental; le reste tourne vers la droite et longe la partie est du chenal Laurentien externe, une partie se dirigeant vers le détroit de Cabot et une autre traversant le chenal Laurentien. On note, cependant, des variations saisonnières. Il se forme des tourbillons océaniques anticycloniques (partiels) qui varient selon les saisons au-dessus du banc de St-Pierre. L'écoulement littoral fort et continu le long de la côte sud de Terre-Neuve n'a lieu qu'en automne. L'écoulement vers le large sur le côté ouest du chenal Laurentien est plus large et plus fort en automne.

Les champs de courant du modèle (incluant les courants moyens saisonniers, M2 et K1, à moins d'être autrement spécifiés) servent à suivre la trajectoire des bouées dérivantes numériques larguées à 5 et 50 m de profondeur sur les sections Burin (fig. 4a) et SLN (fig. 4b) au printemps et à l'automne. Aucun mouvement vertical n'est pris en compte dans les expériences. Au printemps, le largage d'une bouée dérivante à 5 m sur la section de Burin indique une rétention au-dessus du banc de St-Pierre et une trajectoire traversant le chenal Laurentien à l'ouest du banc. On peut observer une rétention plus forte dans le cas de la bouée larguée à 50 m. L'exclusion des courants de marée produit des différences notables, mais les effets de la marée ne devraient pas être plus significatifs sur les bancs peu profonds si la dispersion due au mélange par les marées est incluse dans l'expérience. Le largage à 5 m en automne met en évidence les principales trajectoires vers le détroit de Cabot et les traversées subséquentes près du détroit. La largage sur la section SLN (fig. 4b) indique un mouvement vers l'intérieur de la plate-forme de Terre-Neuve sur le côté est du chenal Laurentien et des traversées subséquentes du chenal. Sur l'ouest de la section SLN, les bouées se déplacent vers l'ouest au-dessus de la plate-forme Néo-Écossaise et au large le long du côté est du chenal.

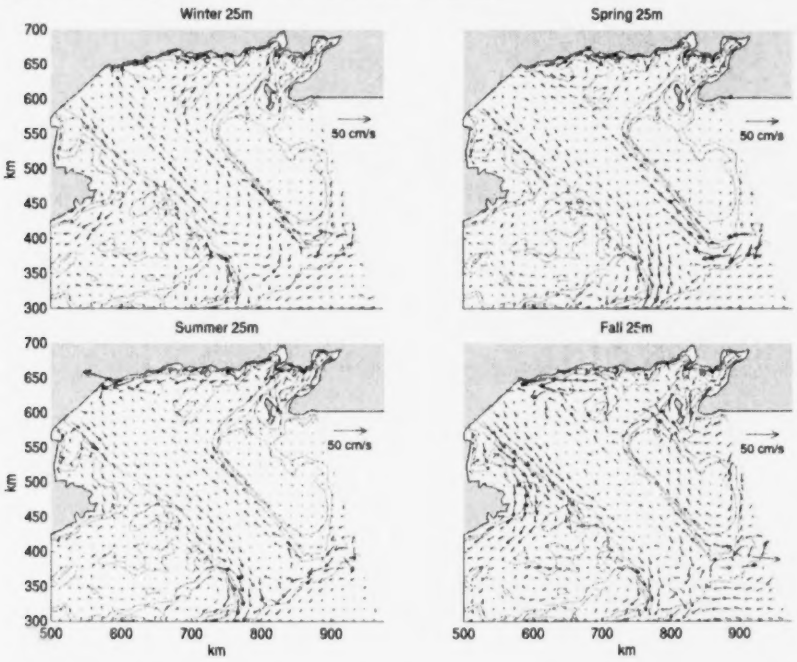


Figure 3. Courants moyens du modèle à la profondeur de 25 m en hiver (en haut à gauche), au printemps (en haut à droite), en été (en bas à gauche) et en automne (en bas à droite).

Les solutions du modèle dans la section Burin (fig. 5) affichent des variations saisonnières significatives du courant du rebord de la plate-forme (valeurs positives vers l'ouest). Il n'y a pas d'indices de la présence d'eau de talus en profondeur caractérisée par une répartition typique de la température dans deux couches en été. La structure de la densité du modèle passe de sous-zones bien mélangées au-dessus du sommet du banc de Saint-Pierre et de fronts faibles de la surface au fond autour du banc en hiver à une stratification modérée en été dans le haut de la colonne d'eau. Dans la section SLN, on suppose une intrusion d'eau du talus en profondeur qui présente une structure de température à trois

couches en été (fig. 6). Il ressort des pentes isopycniques et des cisaillements verticaux forts une baroclinicité dominante. On observe également des fluctuations saisonnières marquées dans l'écoulement vers le large sur l'ouest du chenal et dans l'écoulement opposé sur l'est du chenal. Au printemps et en été, l'écoulement peu profond est orienté vers le large et l'écoulement dans tout le fond du chenal est dans le sens opposé alors qu'à l'automne l'écoulement dans la grande partie du chenal est largement orienté vers le large.

Dans la grande partie du chenal Laurentien, les solutions du modèle indiquent de vastes écoulements relativement faibles entre la plate-forme de Terre-Neuve et la plate-forme Néo-Écossaise pendant toute l'année, sauf en été (fig. 7). En automne-hiver, on note des courants jets intensifiés à la surface au-dessus du rebord de la plate-forme. Au printemps-été, des courants jets semblables vers l'ouest semblent se déplacer plus au large (au-dessus de l'isobathe de 1000 m) accompagnés de contre-courants plus faibles au-dessus du rebord de la plate-forme (voir aussi fig. 3). Une intrusion d'eau de talus en profondeur est indiquée. En été, le haut de la colonne affiche une stratification relativement marquée.

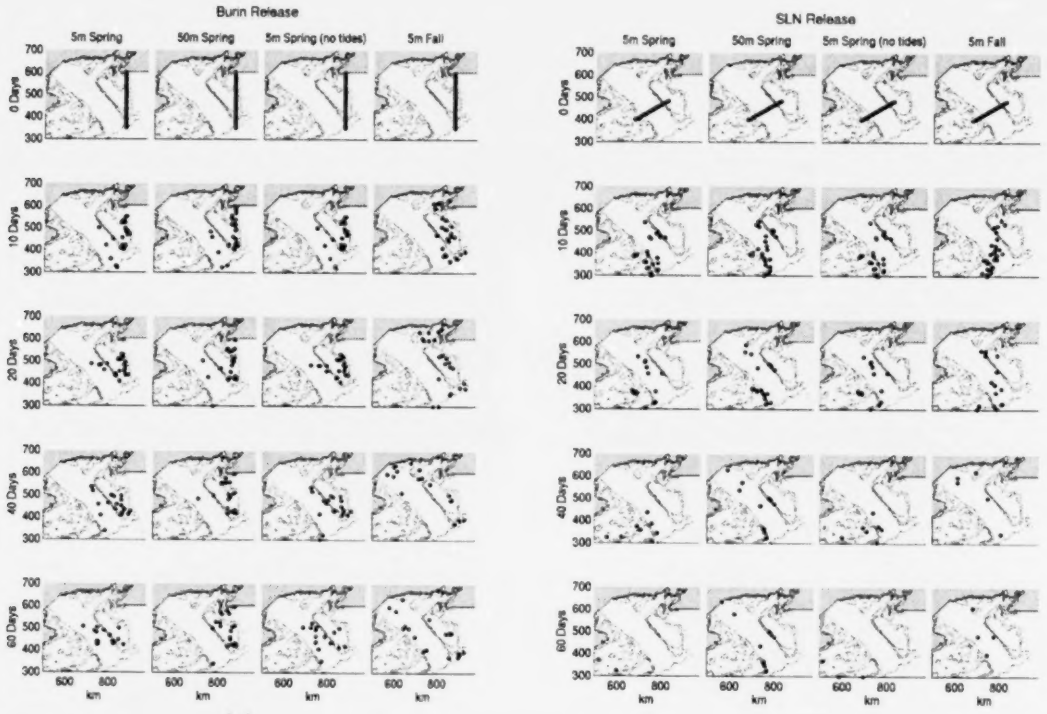


Figure 4. a) Trajectoires des bouées dérivantes larguées dans la section Burin au printemps à 5 m de profondeur (colonne de gauche); à 10 m, au printemps (deuxième colonne), à 5 m, au printemps sans marée (troisième colonne) et à 5 m, en automne (quatrième colonne). Les rangées illustrent la situation 0, 10, 20, 40 et 60 jours, respectivement, après le largage initial. b) Mêmes paramètres que a) mais pour la section SLN.

Conclusions

Nous avons utilisé un modèle de prévision par éléments finis 3-D complètement non linéaire ainsi qu'un schéma de turbulence de pointe pour décrire de façon quantitative l'hydrographie et la circulation moyenne saisonnière climatologique ainsi que les courants de marée sur le sud de la plate-forme de Terre-Neuve et la partie externe du chenal Laurentien. Les courants de marée sont relativement forts au-dessus des bancs peu profonds. La circulation modélisée est caractérisée par des écoulements intensifiés en surface variant significativement selon les saisons et l'espace. Les écoulements entre les plates-

formes de Terre-Neuve et Néo-Écossaise varient d'une saison à l'autre mais durant toute l'année des courants longent le rebord des plates-formes, traversent la partie externe du chenal Laurentien et circulent indirectement par le golfe du Saint-Laurent. La topographie influe de façon prononcée sur les champs de circulation du modèle.

Remerciements

Je tiens à remercier Shawn Oakey pour son aide à suivre les bouées dérivantes et à tracer les graphiques.

Référence

Lynch, D.R., J.T.C. Ip, C.E. Naimie et F.E. Werner, 1996: Comprehensive coastal circulation model with application to the Gulf of Maine, *Continental Shelf Research*, 16, 875-906.

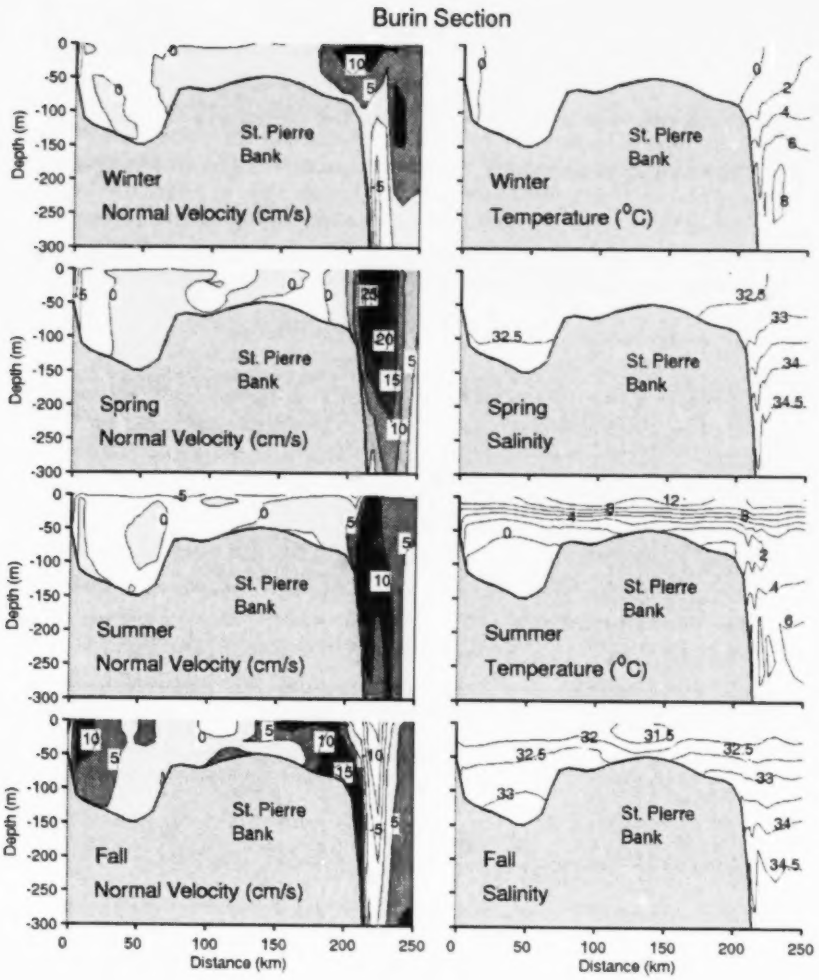


Figure 5. Les courants normaux modélisés (colonne gauche) dans la section Burin à chacune des saisons (de haut en bas). Les quatre figures de droite représentent la température hivernale, la salinité printanière, la température estivale et la salinité automnale. Se reporter à la figure 1 pour situer leur emplacement géographique.

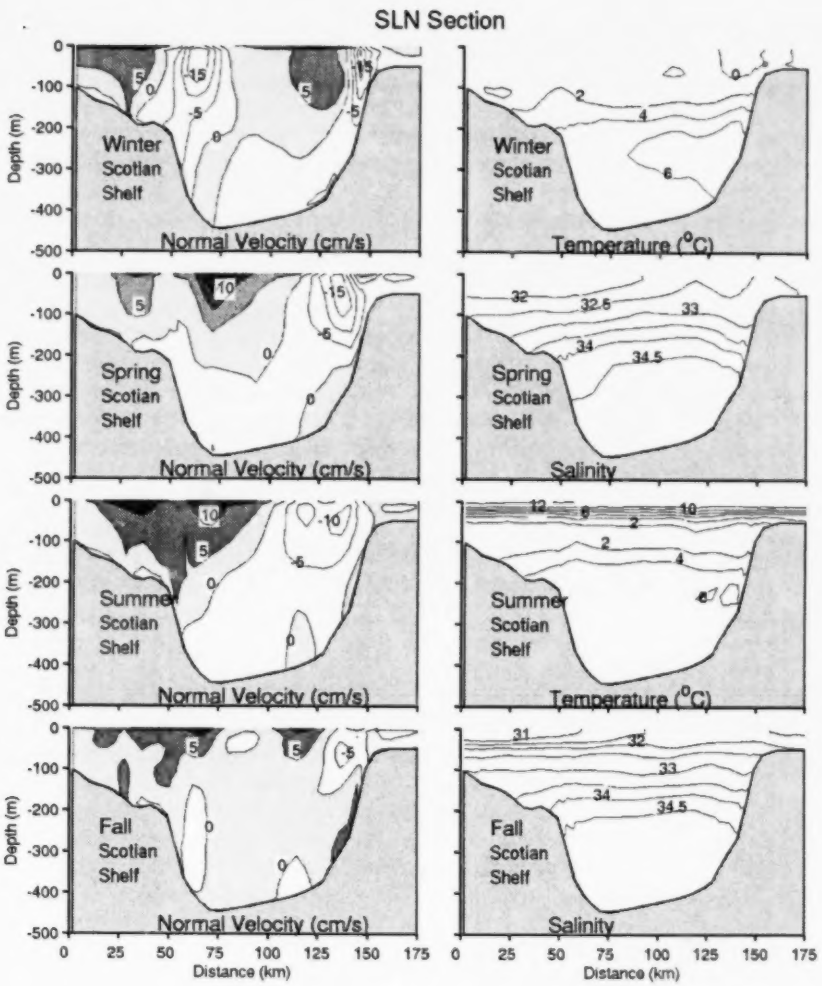


Figure 6. Voir la légende de la figure 5 pour plus de renseignements.

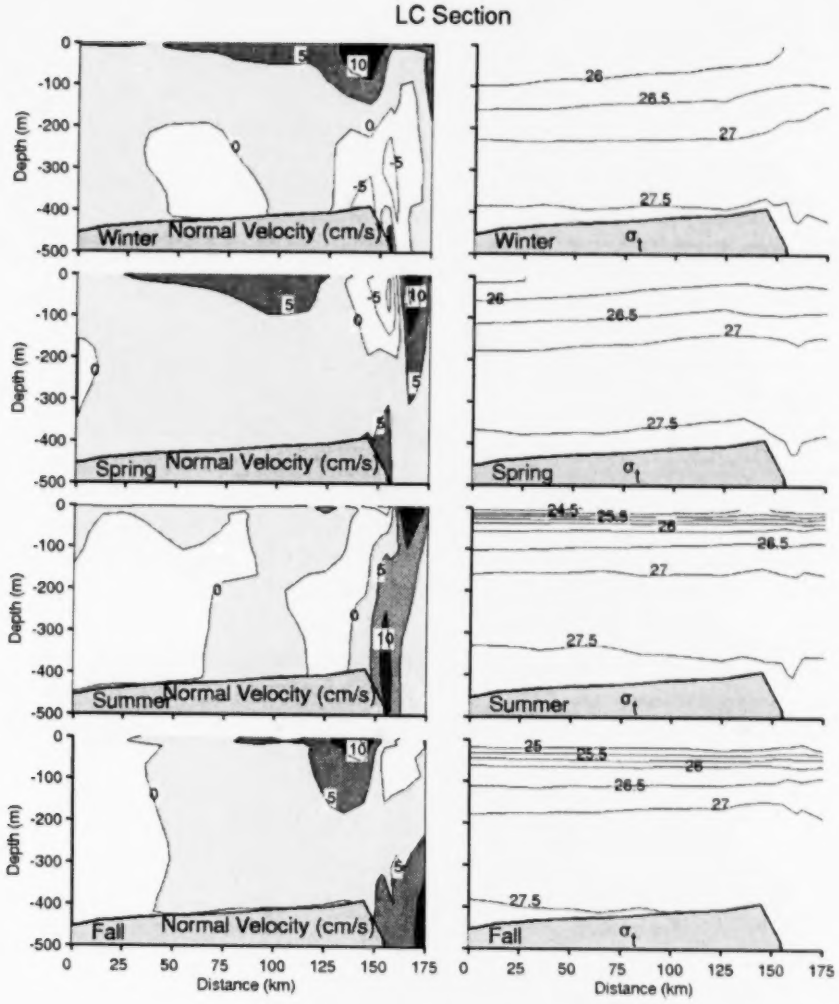


Figure 7. Courants normaux modélisés (colonne gauche, en cm/s) et densité (colonne droite, en kg/m^3) dans la section du chenal Laurentien d'une saison à l'autre. Se reporter à la figure 1 pour situer l'emplacement géographique de la section.

Seasonal migrations of Atlantic salmon and the movement of fish into tributary spawning areas/ Migrations saisonnières du saumon de l'Atlantique et sa remonte dans les aires de fraie des tributaires de la rivière Miramichi. John Hayward and Gerald Chaput, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, Science Branch, 477 Route 420, Miramichi, New Brunswick E1V 4L9 Tel.: (506) 778-2837 Fax: (506) 622-1781 E-mail: HaywardJ2@dfo-mpo.gc.ca / John Hayward et Gérald Chaput, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, Direction des sciences 477, route 420, Miramichi (Nouveau-Brunswick) E1V 4L9 Tél. : (506) 778-2837 Téléc. : (506) 622-1781 Courriel : HaywardJ2@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Run-timing of Atlantic salmon and distribution within the Miramichi River are described using salmon trapped and tagged at estuary trapnets and recoveries of these tagged fish at upriver and headwater tributary counting facilities. Atlantic salmon in the Miramichi is characterized by early (pre-Sept) and late (post-Aug) run components. Migrations of these fish in headwater tributaries are generally skewed into the fall. Salmon ascending to all six headwater facilities were comprised of varying proportions of early and late run salmon. A maximum average migration rate in the Miramichi was 23 km/day with some large salmon ascending 160 km of river in 7 days. Other fish spent more than 120 days in river before ascending into the headwater spawning areas. There are two distinctive early-run sites where salmon ascend rapidly to the headwater sites regardless of their time of arrival to the estuary. There was no association between the proportion of the headwater fish that were late run and the distance of the facility from the estuary. But the proportion late run salmon was negatively associated with the elevation of the headwater area. Thus, early run fish ascend to the higher elevation sites preferentially to late run salmon. The lower proportion of late run salmon in the higher elevation areas may be indicative of an energetic or physiological disadvantage of late run salmon.

Résumé : Nous présentons les dates de remonte et la répartition du saumon de l'Atlantique dans la rivière Miramichi, telles que déterminées par l'observation, à des barrières de dénombrement dans la haute rivière Miramichi et ses tributaires d'amont, de saumons capturés par filets-pièges et marqués dans l'estuaire. La remonte du saumon atlantique de la Miramichi présente deux composantes : une remonte hâtive (avant septembre) et une remonte tardive (après août). En général, ces poissons migrent dans les tributaires d'amont surtout l'automne. Les saumons atteignant les six barrières de dénombrement dans ces tributaires comprenaient des proportions variables de poissons à remonte hâtive et de poissons à remonte tardive. Le taux de migration moyen maximal dans la Miramichi se chiffrait à 23 km/jour, certains gros saumons remontant sur 160 km en sept jours. D'autres saumons ont passé plus de 120 jours dans la rivière avant de remonter aux frayères d'amont. Il y a deux sites d'amont que les saumons atteignent rapidement peu importe le moment de leur arrivée dans l'estuaire. Il n'y avait aucune relation entre la proportion de saumons atteignant tardivement les barrières de dénombrement d'amont et la distance entre chaque barrière et l'estuaire. Par contre, la proportion de saumons à remonte tardive était inversement associée à l'altitude de la zone d'amont. Ainsi, plus de saumons à remonte hâtive atteignent les sites de haute altitude que de saumons à remonte tardive. La plus faible proportion de saumons à remonte tardive dans les zones de haute altitude pourrait indiquer qu'ils ont un désavantage énergétique ou physiologique.

Range determination of anadromous and freshwater inconnu (*Stenodus leucichthys*) in the Mackenzie River basin, Northwest Territories using scanning proton microprobe analysis of otolith strontium/ Détermination des aires de répartition de la forme anadrome et de la forme d'eau douce de l'inconnu (*Stenodus leucichthys*) dans le bassin du fleuve Mackenzie (Territoires du Nord-Ouest) au moyen de l'analyse du strontium contenu dans les otolithes par microsonde à proton à balayage. K.L. Howland[1,2], D. Chiperzak[3], R.F. Tallman[1], W.M. Tonn[2] and M. Gendron[4]. [1] Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 984-4227 Fax: (204) 984-2403 E-mail: HowlandK@dfo-mpo.gc.ca; [2] University of Alberta, Department of Biological Sciences, Edmonton, Alberta

T6E 2G9; [3] Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Yellowknife, Northwest Territories X1A 1E2; [4] Ducks Unlimited Canada, 566 Welham Road, Barrie, Ontario L4N 8Z7 / K.L. Howland[1,2], D. Chiperzak[3], R.F. Tallman[1], W.M. Tonn[2] et M. Gendron[4]. [1] Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces , 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 984-4227 Téléc. : (204) 984-2403 Courriel : HowlandK@dfo-mpo.gc.ca; [2] Université d'Alberta, Département des sciences biologiques, Edmonton (Alberta) T6E 2G9; [3] Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Yellowknife (Territoires du Nord-Ouest) X1A 1E2; [4] Canards illimités Canada, 566, chemin Welham, Barrie (Ontario) L4N 8Z7

Abstract: The inconnu is distributed throughout the Mackenzie River system from the Great Slave Lake area to the Beaufort Sea. At the extremes of their distribution, inconnu exhibit different life history patterns. Populations in the lower Mackenzie are anadromous, migrating between coastal feeding areas and freshwater spawning and over-wintering areas. In contrast, inconnu in the Great Slave Lake area spend their entire lives within freshwater. Since there are no barriers to movement between these two areas, however, we asked: What is the geographical range over which anadromy occurs? Is the boundary between anadromous and freshwater forms sharp or gradual? What physical and environmental factors might contribute to determining whether populations or individuals express an anadromous or freshwater life history? To address these questions, we examined otolith strontium profiles of inconnu from a variety of locations throughout the Mackenzie basin using scanning microprobe analysis. The degree of anadromy within populations decreases gradually with distance from the Beaufort Sea, rather than showing an abrupt transition from anadromous behavior to a totally freshwater life history. Distance from a marine food source likely plays a dominant role in determining migration strategy. Within anadromous populations, however, there is substantial flexibility in the extent and frequency of seaward migration by individuals, suggesting that other factors are also important.

Résumé: L'aire de répartition de l'inconnu couvre l'ensemble du bassin du fleuve Mackenzie, depuis la région du Grand lac des Esclaves à la mer de Beaufort. Le cycle biologique de l'inconnu diffère d'une extrémité à l'autre de son aire de répartition. Dans le bas Mackenzie, les populations d'inconnus sont anadromes : elles migrent entre des aires d'alimentation côtières et des milieux d'eau douce où elles fraient et passent l'hiver. Par contre, dans la région du Grand lac des Esclaves, l'inconnu passe toute sa vie en eau douce. Comme aucun obstacle n'entrave le passage des poissons entre ces deux régions, nous nous sommes posé les questions suivantes. Sur quelle étendue géographique l'inconnu est-il anadrome? La limite géographique entre la forme anadrome et la forme d'eau douce est-elle abrupte ou graduelle? Quels facteurs physiques ou environnementaux déterminent si les populations ou les individus présentent un cycle biologique anadrome ou qui se déroule entièrement en eau douce? Nous avons abordé ces questions en analysant, par microsonde à balayage, le profil du strontium contenu dans les otolithes d'inconnus provenant de divers endroits dans le bassin du Mackenzie. Les populations sont caractérisées par un niveau d'anadromie qui décroît graduellement à mesure que l'on s'éloigne de la mer de Beaufort, plutôt que de présenter une transition brusque entre un comportement anadrome et un cycle biologique se déroulant entièrement en eau douce. La distance d'une source de nourriture marine joue sans doute un rôle dominant dans la détermination de la stratégie de migration. Les populations anadromes présentent cependant une grande flexibilité quant à l'ampleur et à la fréquence des migrations des poissons vers la mer, ce qui porte à croire que d'autres facteurs sont également importants.

Reponses to the simulated increase of sockeye carcasses in ultra-oligotrophic Chilko Lake, British Columbia/ Effets de l'augmentation simulée de la quantité de carcasses de saumons rouges dans le lac Chilko ultra-oligotrophe (Colombie-Britannique).

Jeremy Hume, Ken Shortreed, Ken Morton, Erland MacIsaac and Mike Bradford, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Freshwater Habitat Section, Cultus Lake, British Columbia V5A 136, Tel.: (604) 824-4705 Fax: (604) 858-3757, E-mail: HumeJ@dfo-mpo.gc.ca / Jeremy Hume, Ken Shortreed, Ken Morton, Erl MacIsaac et Mike Bradford, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Section des habitats d'eau douce, Lac Cultus (Colombie-Britannique) V5A 136 Tél. : (604) 824-4705 Téléc. : (604) 858-3757 Courriel : HumeJ@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Chilko Lake, a major sockeye salmon producer in the Fraser River system, is large (185 km^2), deep (182 m), and ultra-oligotrophic (total P = 2.7 µg/L). Prior to the start of the commercial fishery in the late 1800s, sockeye spawning at Chilko Lake is estimated to average 3 million sockeye, ranging in a four-year pattern of abundance from 0.6 to 8.5 million. After the start of the commercial fishery (>70% harvest rate) and a slide in the lower Fraser at Hell's Gate, sockeye returns to the spawning grounds dropped to an average of 70,000 fish with less than 30,000 spawners in some years. Since 1938, the number of sockeye escapement has slowly increased to over 600,000 on average, reaching 1 million fish in recent years. About 30% (180,000) of these fish provide nutrients to the lake and the rest spawn in downstream areas. Using a nutrient addition experiment, we simulated the restoration of marine nutrients to Chilko Lake. We simulated the return of an additional 125,000 sockeye to the lake by the addition of 10 tonnes of P over a four-month period each summer for four years. We report on the effects of these additions and on the effects of stopping these additions in the four years following. During fertilized years, euphotic zone depths declined an average of 10%, phytoplankton biomass and production rates increased by about one-third, and macrozooplankton biomass increased by almost one-half. Zooplankton community composition changed during nutrient additions, with the cladoceran Daphnia sp. becoming more abundant and more frequently eaten by juvenile sockeye. Both smolt size and survival increased at higher escapement levels in the fertilized years, resulting in improved marine survival relative to other Fraser System stocks. After fertilization ended in 1993, productivity remained at enhanced levels for one year, but by 1995, most variables indicated that the lake had returned to pre-treatment levels and there was decreased sockeye production from Chilko Lake.

Résumé: Important lieu de production du saumon rouge dans le réseau fluvial du fleuve Fraser, le lac Chilko est grand (185 km^2), profond (182 m) et ultra-oligotrophe (concentration de phosphore total = 2,7 µg/L). On estime qu'avant le début de la pêche commerciale à la fin du XIX^e siècle, 3 millions de saumons rouges en moyenne frayaient dans le lac Chilko, suivant un cycle d'abondance de quatre ans variant de 0,6 à 8,5 millions. Après le début de la pêche commerciale (taux d'exploitation > 70 %) et un glissement de terrain dans le bas Fraser, à Hell's Gate, le nombre de saumons rouges remontant jusqu'aux frayères a chuté à une moyenne de 70 000, les géniteurs se chiffrant à moins de 30 000 certaines années. Depuis 1938, l'échappée du saumon rouge a lentement augmenté à une moyenne de 600 000 individus et a atteint un million ces dernières années. Environ 30 % (180 000) de ces poissons fournissent des éléments nutritifs au lac, tandis que les autres fraient dans les eaux situées en aval du lac. Nous avons mené une expérience d'enrichissement en éléments nutritifs pour simuler le rétablissement de l'apport d'éléments nutritifs d'origine marine au lac Chilko. Nous avons simulé le retour au lac de 125 000 saumons rouges supplémentaires en ajoutant 10 tonnes de phosphore sur une période de quatre mois chaque été pendant quatre ans. Nous présentons les effets de cet enrichissement ainsi que les effets de l'arrêt de l'enrichissement durant les quatre années suivantes. Lors des années d'enrichissement, la profondeur de la zone photique a baissé de 10 % en moyenne, la biomasse et le taux de production du phytoplancton ont augmenté d'environ le tiers et la biomasse du macrozooplancton a augmenté de presque la moitié. L'enrichissement a modifié la composition de la communauté zooplanctonique, le cladocère Daphnia sp. augmentant en abondance et étant plus fréquemment mangé par le saumon rouge juvénile. Lorsque l'échappée était élevée lors des années d'enrichissement, la taille et la survie des saumoneaux a augmenté, ce qui a donné lieu à une meilleure survie en mer par rapport aux autres stocks du réseau fluvial du Fraser. Après la fin de l'enrichissement en 1993, la productivité est restée élevée pendant un an, mais en 1995 la plupart des variables mesurées étaient revenues à leurs niveaux d'avant le traitement et la production du saumon rouge a baissé dans le lac Chilko.

Individual condition as a criterion for evaluating physical changes to habitat of marine benthic communities/ La condition individuelle comme indicateur des changements dans l'habitat des communautés marines benthiques.

R. Larocque and J.-D. Dutil, Fisheries and Oceans Canada, Quebec Region, Maurice Lamontagne Institute, Mont-Joli, Quebec G5H 3Z4 Tel.: (418) 775-0792 Fax: (418) 775-0542 E-mail: LarocqueR@dfo-mpo.gc.ca / R. Larocque et J.-D. Dutil, Pêches et Océans Canada, Région du Québec, Institut Maurice-Lamontagne 850, route de la Mer, Mont-Joli (Québec) G5H 3Z4 Tél. : (418) 775-0792 Téléc. : (418) 775-0542 Courriel : LarocqueR@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: For the purpose of selecting and validating a simple yet universal method to quantify habitat integrity, we have measured the physiological condition of three widely distributed and commercially exploited sedentary species living in tidal and sub-tidal habitats: sea urchin (*Strongylocentrus droebachiensis*), common crab (*Cancer irroratus*) and soft shell clam (*Mya arenaria*). We hypothesized that a close relationship exists between the physiological condition of individual organisms and habitat quality. This method is based on similar work carried out on groundfish using individual measurements rather than population or community characteristics. Individual condition is expected to provide an early warning signal of stress factors that will eventually affect the ecosystem as a whole. Water, ash and energy contents of *M. arenaria* were measured in samples taken simultaneously at 12 sites in Eastern Quebec, and in samples taken periodically over a one-year period at a single site. The effect of a simulated commercial exploitation on these variables was also determined by comparing clams from control and impacted plots. More elaborate measurements were carried out on *S. droebachensis* (water, protein and lipid content in gonads and whole animal) and *C. irroratus* (water, protein and lipid content in muscle, gonads and digestive gland). Seasonal variation was determined at two sites and at three depths within one site. A single sampling event at five sites in Eastern Quebec was also carried out for sea urchins. This preliminary analysis establishes the range of values for each species at different spatial and temporal scales. This baseline information will be used to establish some of the limits of the method. A more detailed description of the *M. arenaria* data is presented and its implications for the development of an assessment tool are discussed.

Résumé: Dans le but de choisir et de valider une méthode simple et universelle visant à quantifier l'intégrité d'un habitat, nous avons mesuré la condition physiologique de trois espèces commerciales sédentaires à grande distribution vivant dans la zone intertidale et infra littorale: l'oursin vert (*Strongylocentrus droebachiensis*), le crabe commun (*Cancer irroratus*) et la mye commune (*Mya arenaria*). Nous posons l'hypothèse qu'il existe une relation étroite entre l'état physiologique des organismes et la qualité de l'habitat. Cette approche se base sur des travaux similaires réalisés avec des poissons de fond où des mesures sur des individus plutôt que des caractéristiques de communauté ou de population ont été utilisées. Il est prévu que la condition individuelle fournira un indicateur précoce de la présence de facteurs de stress qui affecteront éventuellement l'écosystème dans son ensemble. Le contenu en eau, en cendre et en énergie de *M. arenaria* ont été déterminés pour des échantillons prélevés simultanément à 12 sites dans l'est du Québec et dans des échantillons prélevés périodiquement à un site durant une année. L'effet d'une exploitation commerciale simulée a été déterminée en comparant ces variables entre une zone de contrôle et une autre affectée. Des mesures plus détaillées ont été réalisées sur *S. droebachensis* (contenu en eau, en protéines et en lipides dans les gonades et dans l'animal entier) et *C. irroratus* (contenu en eau, protéines et lipides dans le muscle, les gonades et la glande digestive). La variation saisonnière a été déterminée à deux sites et à trois profondeurs à un de ces sites. Un échantillonnage simultané à cinq sites de l'est du Québec a aussi été réalisé pour l'oursin vert. Cette analyse préliminaire a permis d'établir l'étendue de chaque variable pour chaque espèce à différentes échelles spatiales et temporelles. Ces informations de base seront utilisées pour établir les limites de la méthode. Une description plus détaillée des données de *M. arenaria* est présentée et les implications sur le développement d'un outil d'évaluation sont discutées.

Monitoring ecosystem processes during spring and early summer at a first-year sea ice station, in the High Canadian Arctic/ Suivi de processus écosystémiques pendant le printemps et le début de l'été, à une station de glace de première année dans l'Arctique canadien.

Bernard LeBlanc[1], Christine Michel[1], Grant Ingram[2] and Rick Marsden[3]. [1] Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-1327 Fax: (204) 984-2403 E-mail: LeBlancB@dfo-mpo.gc.ca; [2] University of British Columbia, Department of Earth and Ocean Sciences, 6339 Stores Road, Vancouver, British Columbia V6T 1Z4 Tel.: (604) 822-8799 Fax : (604) 822-6091 E-mail: gingram@eos.ubc.ca; [3] Royal Military College of Canada, Department of Physics, P.O. Box 17000 Station Forces, Kingston, Ontario K7K 7B4 Tel.: (613) 541 6000 x415 Fax: (613) 541-6040 E-mail: marsden-r@rmc.ca / Bernard LeBlanc[1], Christine Michel[1], Grant Ingram[2] et Rick Marsden[3]. [1] Pêches et

Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 983-1327 Téléc. : (204) 984-2403 Courriel : LeBlancB@dfo-mpo.gc.ca, [2] Université de la Colombie-Britannique, Département des sciences de la terre et d'océanographie, 6339, chemin Stores, Vancouver (Colombie-Britannique) V6T 1Z4 Tél. : (604) 822-8799 Téléc. : (604) 822-6091 Courriel : gingram@eos.ubc.ca, [3] Collège militaire royal du Canada, Département de physique, C.P. 17000 Succ Forces, Kingston (Ontario) K7K 7B4 Tél. : (613) 541 6000 x415 Téléc. : (613) 541-6040 Courriel : marsden-r@rmc.ca

Abstract: First-year sea ice represents 50% of the total ice coverage in the Arctic. The seasonal sea ice cover is likely to be affected first and foremost by climate variability and change, with cascading effects on the overall Arctic ecosystem. This multi-year research program aims at establishing an ecosystem monitoring program in the High Canadian Arctic, with focus on the effects of climate forcing on first-year ice associated primary production and food chain processes. The preliminary results presented here are from the second year of a three-year sampling plan and provide an overview of the core program. The sampling is carried out at an ice camp (near Resolute) during a period of approximately two months (May to mid-July), thus covering the growth season of ice algae and the early melt period. Physical variables that are continuously monitored include air temperature, humidity, wind speed and direction, downwelling radiation (PAR), and under-ice temperature and PAR. Biological sampling includes routine measurement of ice algae and phytoplankton biomass and production, under-ice sedimentation, and zooplankton. Measured variables include: chlorophyll *a* (chl *a*) and phaeopigments, biogenic silica, particulate organic carbon and nitrogen, nutrients, algal cells and zooplankton identification and counts. Results show that consistently warm temperatures after the second week of June induced rapid melt of the snow layer and a concomitant increase in under-ice PAR and temperature. These seasonal changes were reflected by a rapid decrease in ice algae biomass, increased sinking fluxes of chl *a* under the ice, and a punctual increase in suspended chl *a* concentrations at surface. These results evidence the tight linkage between melt processes at surface and the release of ice algae from the bottom ice in spring. This has strong implications for the production cycle in the Arctic since the timing of the release of ice algae influences light availability for phytoplankton growth and impact on food resource accessibility for under-ice grazers.

Résumé: Le couvert de glace saisonnier représente 50 % de l'étendue totale de glace dans l'arctique. La glace saisonnière sera vraisemblablement affectée le plus intensément par la variabilité et les changements du climat, avec des conséquences pour tout l'écosystème arctique. Ce programme de recherche multi-annuel vise à établir un programme de suivi écosystémique dans l'Arctique canadien, en ciblant l'influence du climat sur les processus de production et les transferts trophiques associés à la glace saisonnière. Les résultats préliminaires présentés ici proviennent de la deuxième année d'un programme d'échantillonnage de trois ans, et donnent un aperçu du programme de base. L'échantillonnage a lieu sur un camp de glace (près de Resolute) au cours d'une période d'environ 2 mois (mai à mi-juillet), couvrant ainsi la saison de croissance des algues de glace et le début de la période de fonte. Les variables physiques mesurées en continu comprennent la température de l'air, l'humidité, la vitesse et la direction des vents, les radiations incidentes (PAR), la température et le PAR sous la glace. L'échantillonnage biologique comprend des mesures routinières de la biomasse et la production par les algues de glace et le phytoplankton, de la sédimentation sous la glace, et du zooplancton. Parmi les variables mesurées, notons la chlorophylle *a* (chl *a*) et les phaeopigments, la silice biogénique, le carbone et l'azote organiques particulaires, ainsi que le dénombrement de cellules algales et du zooplancton. Les résultats montrent que les températures élevées après la mi-juin ont engendré une fonte rapide du couvert de neige et une augmentation du PAR sous la glace. Ces changements saisonniers se reflètent par une diminution rapide de la biomasse des algues de glace, une augmentation de la sédimentation de la chlorophylle *a* sous la glace, et une augmentation ponctuelle de la chlorophylle *a* dans la couche d'eau de surface. Ces résultats mettent en évidence le lien étroit entre les processus de fonte et le largage des algues de glace au printemps. Les implications pour le cycle de production dans l'arctique sont importantes puisque la période de largage des algues de glace influence la disponibilité de la lumière pour la croissance phytoplanctonique tout en agissant sur l'accessibilité des ressources alimentaires pour les brouteurs planctoniques.

Patterns of freshwater fish diversity in Canada/ Patrons de la diversité des poissons d'eau douce au Canada. Nicholas E. Mandrak, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4842 Fax: (905) 336-6437 E-mail: MandrakN@dfo-mpo.gc.ca / Nicholas E. Mandrak, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4842 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : MandrakN@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Freshwater aquatic fauna is among the most imperilled biota in the world. In Canada, 40 of 145 (27.5%) native freshwater fish species have been assigned a conservation status by COSEWIC. The first step in protecting and conserving species is to fully understand patterns of their distribution. Knowledge of these patterns is required not only for species-specific conservation actions, but also to identify hot spots of biodiversity and species at risk (SAR). To better understand the distributions of freshwater fishes in Canada, I am compiling a database containing data from various sources. This database currently contains over 350,000 georeferenced records for 229 native and introduced fish species. Based on this database, three patterns of biodiversity have been examined: native species richness by tertiary watershed; fish species-at-risk richness by tertiary watershed; and, fish faunal regions. Native species richness was highest in south-western Ontario and generally exhibited a latitudinal gradient of decline. Fish SAR richness is also highest in south-western Ontario, but quickly diminishes to few or no species for the rest of Canada. Fourteen fish faunal regions were identified. In the future, the coverage of distribution database needs to be improved, and the relationships between the biodiversity patterns and limiting factors need to be explored.

Résumé: La faune aquatique d'eau douce est l'un des ensembles d'animaux les plus menacés dans le monde. Au Canada, 40 espèces de poissons d'eau douce indigènes sur 145 (27,5 %) ont été reconnues comme nécessitant des mesures particulières pour leur conservation par le COSEPAC. La première étape en vue de protéger et de conserver ces espèces est de bien comprendre leurs patrons de répartition. Cette connaissance est essentielle à la prise de mesures de conservation bien ciblées sur les espèces ainsi qu'à l'identification des points chauds en matière de biodiversité et d'espèces en péril (EEP). Afin de mieux comprendre la répartition des poissons d'eau douce au Canada, je suis en train d'établir une base de données réunissant de l'information de diverses sources. Cette base de données comprend actuellement plus de 350 000 rapports géoréférencés relatifs à 229 espèces indigènes et introduites de poissons. À partir de cette base de données, trois patrons de biodiversité ont été examinés : la richesse en espèces indigènes par bassin hydrographique tertiaire; la richesse en espèces de poissons en péril par bassin hydrographique tertiaire; les régions ichtyofauniques. La richesse des espèces indigènes s'est révélée plus élevée dans le Sud-Ouest de l'Ontario et semble généralement diminuer selon un gradient latitudinal. Dans le cas des espèces de poissons en péril, la richesse paraît également plus élevée dans le Sud-Ouest de l'Ontario, mais elle diminue rapidement pour ne plus compter que quelques espèces, voire aucune, dans le reste du Canada. Quatorze régions ichtyofauniques ont été définies. À l'avenir, il importera d'améliorer le champ d'application de la base de données sur les répartitions et d'étudier les relations entre les patrons de biodiversité et les facteurs limitatifs.

Blood parameters of aquaculture salmonids from nets of different depths during overwintering at Bay d'Espoir, Newfoundland/ Paramètres sanguins chez des salmonidés d'élevage passant l'hiver dans des cages mouillées à différentes profondeurs dans la baie d'Espoir (Terre-Neuve). Atef Mansour, Vern Pepper, Christopher Holloway and Terry Nicholls, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, Northwest Atlantic Fisheries Centre, P.O. Box 5667, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-4133 Fax: (709) 772-5315 E-mail: MansourA@dfo-mpo.gc.ca *and* Daryl Whelan, Government of Newfoundland and Labrador, Department of Fisheries and Aquaculture, P.O. Box 8700, St. John's, Newfoundland A1B 4J6 / Atef Mansour, Vern Pepper, Christopher Holloway, Terry Nicholls, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique nord-ouest, C.P. 5667, St. John's (Terre-Neuve) A1C

5X1 Tél. : (709) 772-4133 Téléc. : (709) 772-5315 Courriel : MansourA@dfo-mpo.gc.ca *et* Daryl Whelan, Gouvernement de Terre-Neuve et du Labrador, Ministère des Pêches et de l'Aquaculture, C.P. 8700, St. John's (Terre-Neuve) A1B 4J6

Abstract: In an experiment to determine the possible benefits of increasing the cage depth for salmon aquaculture in Bay d'Espoir, eight cages were set up with first and second year Atlantic salmon and steelhead trout during the winter of 2001/02. Environmental and biological parameters were gathered during the experiment and blood, mucous and tissue samples were collected at the end. Initial blood samples from the second year steelhead were obtained on February 18, coincident with their high mortality. Maturing fish were reported during post mortem examination. Blood osmolality, cortisol and glucose levels were significantly higher ($p = 0.0001$, 0.0038 and 0.0022, respectively) in second year steelhead samples obtained in February than trout and salmon samples obtained in April. This indicates that second year steelhead were under stress in February. With increased maturation and variability in salinity, maturing fish may be drawn toward the surface in search of osmoregulatory relief, only to be exposed to occasionally lethal water temperatures and greater temperature variability. While estradiol results were significantly different between February and April samples, it did not offer much explanation. The study suggests a program of hormone profiling to examine possible refinements to husbandry practices oriented towards deterring maturation.

Introduction

Extensive surveys of winter water thermal characteristics in the Bay d'Espoir area have shown temperatures as low as -1.6°C, which exceeds the lower lethal limit for Atlantic salmon. In spite of the superchill events, cultured salmon and steelhead trout have been shown to survive the winter. This observation led the Newfoundland Salmonid Growers Association (NSGA) to believe that, given sufficient net depth, healthy salmonids will choose a position in the water column that avoids physiologically-difficult conditions.

The aim of the study is to determine the possible benefits and/or disadvantages of increasing the net depth from 10 m to 25 m deep. In pursuit of this goal, it was necessary to identify physiological parameters that may be measured at an aquaculture site and applied quantitatively to determine appropriate culture practices for application on a day-to-day basis.

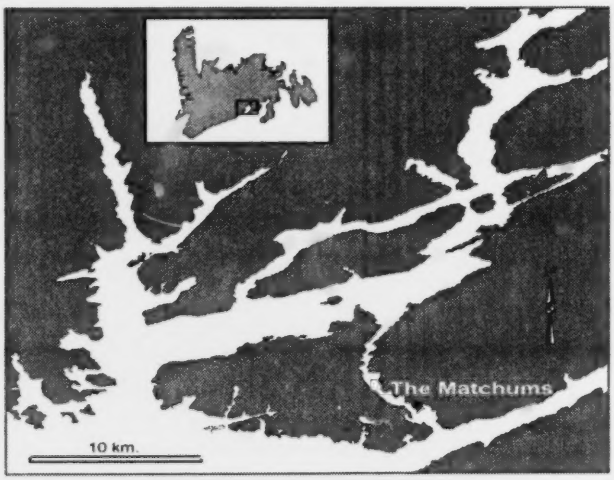


Fig. 1. Bay d'Espoir study area and site location.

Methods

The experiment was conducted at a licenced aquaculture site at the Matchums (47° 37.996'N, 55° 53.591'W; Fig.1) between Nov. 17, 2001 and April 18, 2002. A cage array of eight, 7 x 7 m nets was installed in an area with an overall water depth of approximately 45m (Fig. 2). Post-spawning Atlantic salmon (grilse) were used as the second year salmon group. Environmental and biological parameters were collected during the period of the experiment using YSI 6600 sondes and Hugrun MS110 thermographs on a fixed line (Fig. 3) and Data Storage Tags (DST; Star-Oddi, Reykjavik, Iceland) attached to the fish. Dead fish were examined for signs of maturation.

Initial blood samples were obtained from the second year steelhead on February 18, coincident with their high mortality. The six remaining experimental cages were sampled comprehensively on April 16-19, 2002. Fish were anaesthetised (TMS) and fork length and weight were measured. Mucous, blood, liver and muscle samples were collected and any gross pathological changes were recorded. For the April sampling, blood was analyzed immediately on site using an i-STAT® Portable Clinical Analyzer. Blood glucose, sodium, potassium, ionized calcium, pH, hematocrit, hemoglobin, total carbon dioxide, bicarbonate, PCO_2, PO_2, O_2% saturation, total protein, osmolality, cotisol and 17β-estradiol were measured. Data were analyzed using Statistica Software Release 6. Only physiologically and/or statistically significant results will be discussed.

Results and Discussion

High mortality among the second year steelhead (45% for 10 m deep nets and 29% for the 25 m nets) occurred in mid-February 2002, resulting in termination of the experiment for this group on Feb. 18, 2002. During post-mortem veterinary examination, 95% of the moribund fish were found to be mature. The local aquaculture-processing plant confirmed eggs in approximately 10% of the overall harvest at the time.

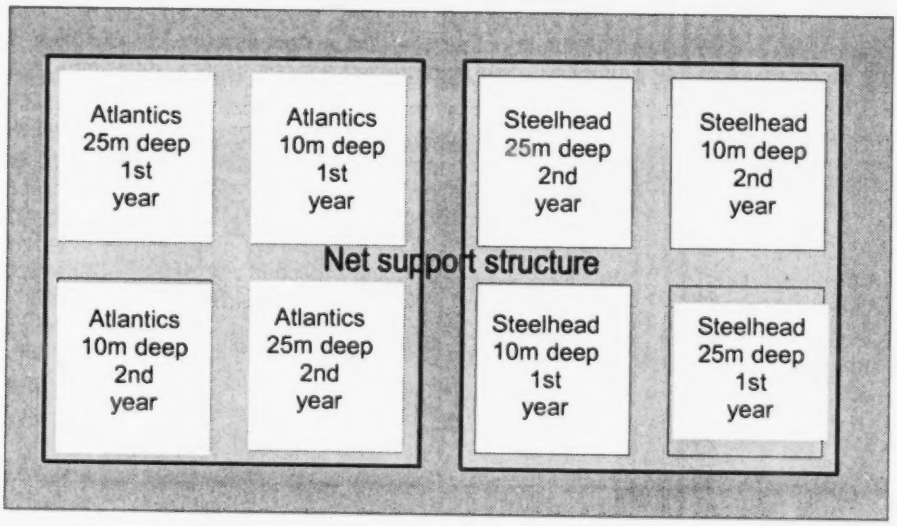


Fig. 2. Experimental design to evaluate optimal cage depth for overwintering of salmonids in Bay d'Espoir

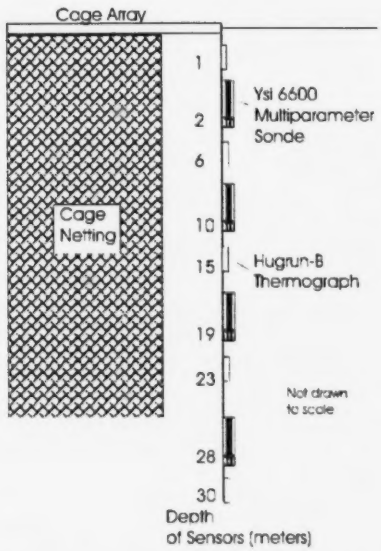


Fig. 3. Environmental-monitoring sondes and recording-thermographs array at the Matchums overwintering site

Table 1. Blood parameters for cage depth study.

Specimen	Osmolality (mmol/kg)			Cortisol (µg/dL)			Glucose (mg/dL)		
	Mean ± SE	Min	Max	Mean ± SE	Min	Max	Mean ± SE	Min	Max
SH2-10*	474.0 ± 32.9	314.0	593.0	18.5 ± 5.3	0.2	37.8	117.8 ± 19.0	68.8	248.8
SH2-25	505.7 ± 15.4	432.0	569.0	16.9 ± 4.0	1.3	37.7	154.6 ± 35.5	62.4	378.0
SH1-10	346.9 ± 3.3	336.0	362.0	2.7 ± 0.8	0.0	7.2	79.5 ± 8.1	62.0	131.0
SH1-25	350.1 ± 4.8	335.0	377.0	5.8 ± 1.2	1.1	10.5	70.1 ± 3.2	57.0	82.0
AS1-10**	356.2 ± 3.2	346.0	376.0	9.2 ± 2.2	0.0	19.4	81.5 ± 3.3	69.0	97.0
AS1-25	357.0 ± 2.8	347.0	375.0	9.4 ± 1.5	3.0	16.8	74.8 ± 2.5	60.0	91.0
AS2-10	361.0 ± 2.8	348.0	377.0	12.6 ± 2.6	5.3	27.9	81.1 ± 2.7	72.0	95.0
AS2-25	350.3 ± 2.9	338.0	362.0	2.9 ± 1.2	0.0	8.0	69.3 ± 5.9	55.0	109.0

* SH2-10 = (SH) Steelhead, (2-10) first number indicates year class and second number for cage depth in meters.
** AS = Atlantic salmon.

Fig. 4 shows that the blood osmolality, cortisol and glucose levels were significantly higher ($p = 0.0001$, 0.0038 and 0.0022, respectively) in 1999-year class steelhead trout samples obtained in February than all trout and salmon samples obtained in April. Table 1 shows the mean, standard error, minimum and maximum values of these three measurements for each fish group. Regarding estradiol, meaningful results were not obtained for Atlantic salmon samples. During sampling of steelhead trout, two of the 2000-year class specimens were found to contain mature eggs. High estradiol concentrations were apparent (8874.92 and 6398.28 $pg \cdot ml^{-1}$ for the 10 m and 25 m deep cages, respectively). These extreme high values were excluded from the analysis. The 1999 year-class samples obtained in February had significantly lower estradiol levels than the 2000 year-class samples obtained in April ($p = 0.0002$), (Table 2). Veterinary work confirmed that mortality among the moribund second year steelhead was preceded by osmoregulatory distress. Blood plasma osmolality of marine-adapted salmonids typically falls in the range of 300-400 $mosm \cdot l^{-1}$ (Staurnes et al. 1990, Rørvik et al. 2000). While April samples showed normal osmolality figures for both steelhead and salmon, the February samples clearly showed osmotic disturbances. Both cortisol and glucose levels showed the same pattern as osmolality. This indicates that the second year steelhead were under stress in February (normal blood glucose in rainbow trout is 63-144

mg·dL^{-1}, Bowser, 1993). Apparently, osmolality disturbance of the second year steelhead was a reflection of that stressed state.

Table 2. 17β-Estradiol concentrations (pg/ml) in steelhead trout

Specimen	Mean ± SE	Min	Max
SH2-10*	19.11 ± 4.87	0.73	49.29
SH2-25	38.21 ± 7.90	5.57	79.09
SH1-10	87.05 ± 16.98	34.82	173.02
SH1-25	102.73 ± 20.94	50.69	199.33

- * SH2-10 = (SH) Steelhead, (2-10) first number indicates year class and second number for cage depth in meters.

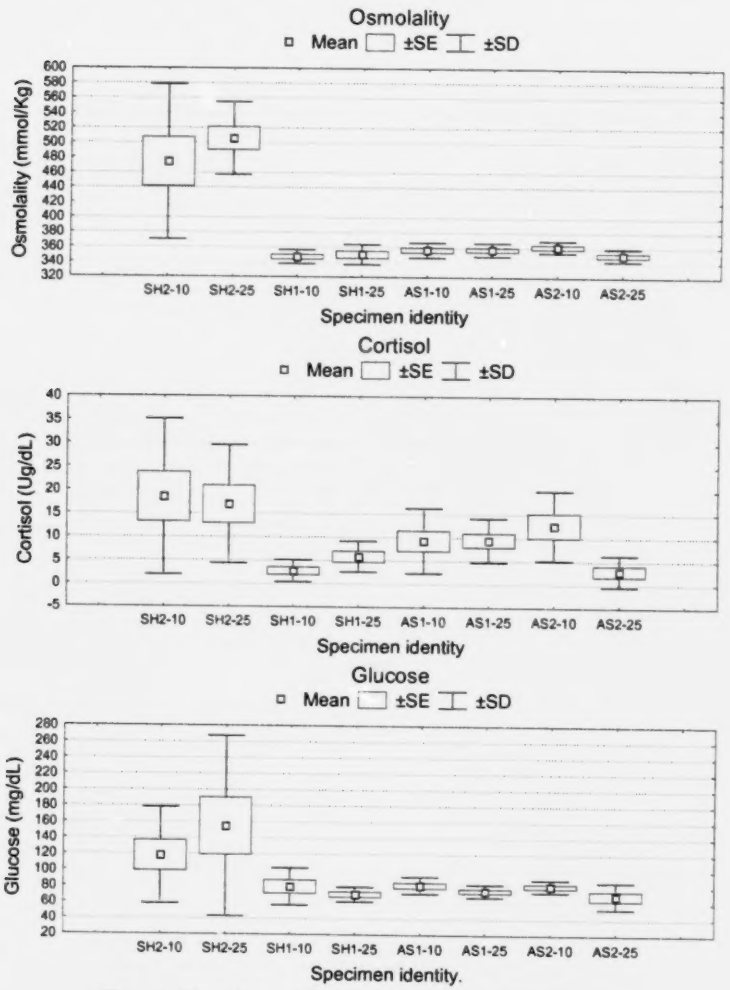


Fig. 4. Blood analyses of steelhead (SH) and Atlantic salmon (AS).

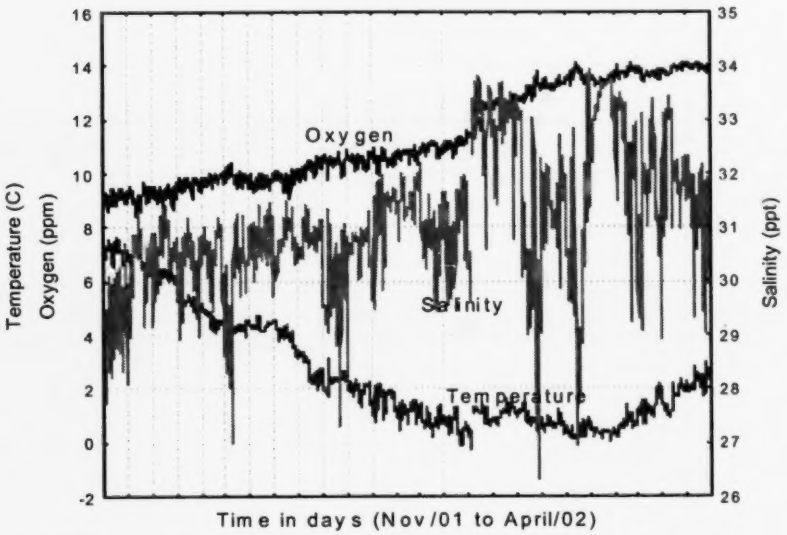


Fig. 5. Temperature, oxygen and salinity variability at 3 meter depth at the Matchums site.

Salinity fluctuations at 3 m depth (i.e., 26 to 34‰, Fig. 5) span a range from brackish to full-salinity marine conditions. The DST salinity records however demonstrate that salinity above 3 m was impacted by freshwater layering, most likely from the near-by waterfall. This salinity variability of the upper water column may have been sufficient enticement to draw maturing fish toward the surface in search of osmoregulatory relief, only to subject them to occasionally lethal water temperatures and greater temperature variability characteristic of the upper water column of the aquaculture nets.

Observations during veterinary monitoring suggested maturation rates among moribund steelhead of >90%. However, at the processing plant eggs were confirmed in approximately 10% of the harvest. The apparent discrepancy between these observations suggests that the maturing fish were dying and that the fish left at the time of harvest were those less advanced in their reproductive cycle.

Although estradiol results were significantly different between February and April samples, it can not explain much of the process based on one-time sampling. Sexual maturation of farmed salmon before harvest in seawater is undesirable to farmers since it is associated with a cessation in growth and decline in fish quality. This reduces the market value (Stead et al., 1999). What appears more critical to further industry development is a program of salmonid hormone profiling to look at possible refinements to husbandry practices oriented towards deterring maturation.

Acknowledgement

Funding of this study was under DFO Aquaculture Collaborative Research and Development Program (ACRDP) in co-operation with the NSGA.

References

Bowser, P.R. 1993. Clinical pathology of salmonid fishes. pp 327-332 *in* Fish Medicine. Stoskopf, M.K. (ed.), W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Rørvik K., Skjervold, P.O., Fjaera, S.O., and Steien, S.H. 2000. Distended, water-filled stomach in seawater farmed rainbow trout, Oncorhynchus mikiss (Walbaum), provoked experimentally by osmoregulatory stress. J. Fish. Diseases, 23: 15–18

Staurnes, M., Andorsdottir, G. and Sundby, A. 1990. Distended, water-filled stomach in sea-farmed rainbow trout. Aquaculture, 90: 333–343.

Stead, S.M., Houlihan, D.F., McLay, H.A. and Johnstone, R. 1999. Food consumption and growth in maturing Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2019-2028.

Résumé: Au cours d'une expérience visant à mesurer les bénéfices potentiels d'une installation à plus grande profondeur des cages de salmoniculture dans la baie d'Espoir, nous avons mouillé huit cages contenant des saumons atlantiques et des saumons arc-en-ciel de première et de deuxième année au cours de l'hiver 2001/2002. Nous avons recueilli au cours de l'expérience des données sur des paramètres environnementaux et biologiques et prélevé à la fin des échantillons de sang, de mucus et de tissus. Les premiers échantillons de sang des saumons arc-en-ciel de deuxième année ont été prélevés le 18 février, date coïncidant avec une période de mortalité élevée. L'examen post-mortem a révélé que les poissons étaient en cours de maturation. L'osmolalité sanguine et les niveaux de cortisol et de glucose étaient nettement plus élevés ($p = 0,0001$, 0,0038 et 0,0022, respectivement) dans les échantillons de saumons arc-en-ciel de deuxième année obtenus en février que dans les échantillons de saumons arc-en-ciel et de saumons atlantiques obtenus en avril. Cela indique que les saumons arc-en-ciel de deuxième année étaient soumis à un stress en février. On peut penser qu'à mesure que leur maturation avançait et que la salinité variait, les poissons en cours de maturation étaient attirés vers la surface à la recherche d'une atténuation des effets de l'osmorégulation, mais s'y trouvaient exposés à des températures qui variaient beaucoup plus et pouvaient être létales à l'occasion. Le dosage de l'œstradiol donnait des résultats nettement différents entre les échantillons de février et d'avril, mais cela n'apportait pas d'explications satisfaisantes. Notre étude suggère d'avoir recours à un programme de profilage hormonal axé sur la possibilité de raffiner les pratiques d'élevage pour empêcher la maturation.

Introduction

Des relevés à grande échelle des caractéristiques hivernales des températures de l'eau dans la région de la baie d'Espoir ont révélé que la température peut descendre à -1,6 °C, ce qui dépasse la limite létale inférieure pour les saumons atlantiques. Malgré les épisodes de surrefroidissement, on a observé que les saumons atlantiques et les saumons arc-en-ciel d'élevage survivent à l'hiver. Cette observation a amené l'association des salmoniculteurs de Terre-Neuve (Newfoundland Salmonid Growers Association, NSGA) à penser que, si la profondeur des cages était suffisante, des salmonidés en bonne santé choisiraient une position dans la colonne d'eau qui les soustrairait aux conditions difficiles sur le plan physiologique.

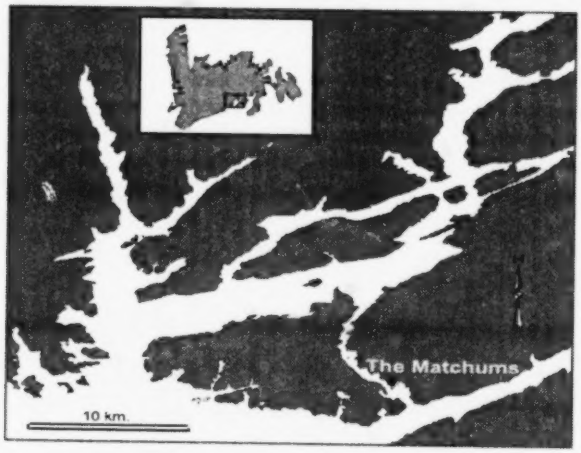


Fig. 1. Région d'étude dans la baie d'Espoir et site de l'expérience.

Le but de notre étude est de déterminer s'il peut être avantageux ou défavorable d'accroître la profondeur de mouillage des cages de filet (de 10 à 25 m). À cette fin, il était nécessaire d'identifier les paramètres

physiologiques qui peuvent être mesurés dans une station aquacole et qui peuvent être utilisés de façon quantitative pour déterminer quelles sont les pratiques d'élevage à appliquer dans les activités quotidiennes d'un tel établissement.

Méthods

L'expérience a été réalisée dans une station aquacole agréée située à The Matchums (47° 37,996'N, 55° 53,591'W; fig. 1) entre le 17 novembre 2001 et le 18 avril 2002. Une série de cages constituée de huit filets de 7 x 7 m a été installée dans un secteur où la profondeur de l'eau était de l'ordre de ~45m (fig. 2). Des saumons post-fraye (grilses) ont servi de groupe de deuxième année pour les saumons atlantiques. Les données sur les paramètres environnementaux et biologiques ont été recueillies pendant la durée de l'expérience à l'aide de sondes YSI 6600 et de thermographes Hugrun MS110 installés sur une ligne fixe (fig. 3) et d'étiquettes DST (Data Storage Tags; Star-Oddi, Reykjavik, Islande) attachées aux poissons. Nous avons recherché chez les poissons morts des signes de maturation.

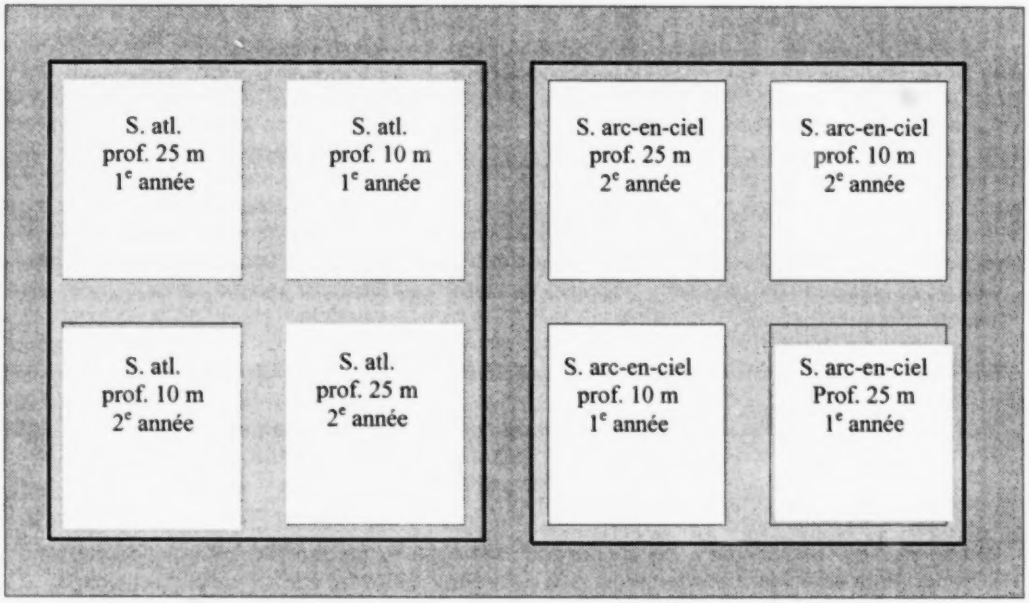


Fig. 2. Structure expérimentale destinée à évaluer la profondeur optimale des cages pour l'hivernage des salmonidés dans la baie d'Espoir

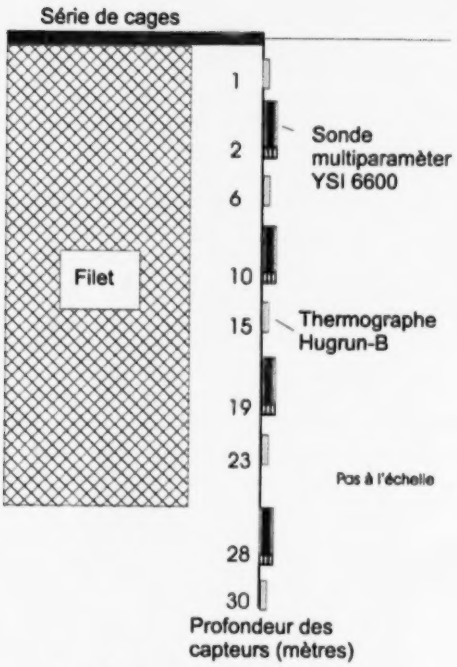


Fig. 3. Batterie de sondes environnementales et de thermographes installée au site d'hivernage de The Matchums.

Les premiers échantillons de sang ont été prélevés chez les saumons arc-en-ciel de deuxième année le 18 février, date coïncidant avec une période de mortalité élevée. Dans les six autres cages expérimentales, nous avons effectué un échantillonnage complet du 16 au 19 avril 2002. Les poissons ont été anesthésiés (TMS) et nous avons mesuré la longueur à la fourche et le poids. Nous avons prélevé des échantillons de mucus, de sang, de foie et de muscles, et noté toutes les modifications pathologiques importantes. Pour l'échantillonnage d'avril, le sang a été analysé sur place à l'aide d'un analyseur clinique portable i-STAT®. Nous avons mesuré le glucose, le sodium, le potassium, le calcium ionisé, le pH, l'hématocrite, l'hémoglobine, le dioxyde de carbone total, le bicarbonate, le PCO_2, le PO_2, le pourcentage de saturation en O_2, les protéines totales, l'osmolalité, le cortisol et le 17β-œstradiol. L'analyse des données a été faite avec le logiciel Statistica Software Release 6. Seuls les résultats probants sur le plan physiologique et/ou statistique seront discutés.

Résultants et Discussion

La forte mortalité observée chez les saumons arc-en-ciel de deuxième année (45 % pour les filets installés à 10 m et 29 % à 25 m) s'est produite à la mi-février 2002, ce qui a mis fin à l'expérience sur ce groupe le 18 février 2002. Pendant l'examen vétérinaire post-mortem, on a observé que 95 % des poissons étaient matures. L'usine locale de transformation des produits aquacoles a confirmé la présence d'œufs chez ~10 % des poissons récoltés à ce moment-là.

Tableau 1. Paramètres sanguins pour l'étude sur la profondeur des cages

Spécimen	Osmolalité (mmol/kg)			Cortisol (µg/dL)			Glucose (mg/dL)		
	Moyenne ± erreur-type	Min	Max	Moyenne ± erreur-type	Min	Max	Moyenne ± erreur-type	Min	Max
SH2-10*	474,0 ± 32,9	314,0	593,0	18,5 ± 5,3	0,2	37,8	117,8 ± 19,0	68,8	248,8
SH2-25	505,7 ± 15,4	432,0	569,0	16,9 ± 4,0	1,3	37,7	154,6 ± 35,5	62,4	378,0
SH1-10	346,9 ± 3,3	336,0	362,0	2,7 ± 0,8	0,0	7,2	79,5 ± 8,1	62,0	131,0
SH1-25	350,1 ± 4,8	335,0	377,0	5,8 ± 1,2	1,1	10,5	70,1 ± 3,2	57,0	82,0
AS1-10**	356,2 ± 3,2	346,0	376,0	9,2 ± 2,2	0,0	19,4	81,5 ± 3,3	69,0	97,0
AS1-25	357,0 ± 2,8	347,0	375,0	9,4 ± 1,5	3,0	16,8	74,8 ± 2,5	60,0	91,0
AS2-10	361,0 ± 2,8	348,0	377,0	12,6 ± 2,6	5,3	27,9	81,1 ± 2,7	72,0	95,0
AS2-25	350,3 ± 2,9	338,0	362,0	2,9 ± 1,2	0,0	8,0	69,3 ± 5,9	55,0	109,0

* SH2-10 = (SH) Saumon arc-en-ciel, (2-10) le premier chiffre indique la classe annuelle et le deuxième la profondeur de la cage en mètres.
** AS = saumon atlantique.

La figure 4 montre que l'osmolalité sanguine et les niveaux de cortisol et de glucose étaient nettement plus élevés (p = 0,0001, 0,0038 et 0,0022 respectivement) dans les échantillons de saumons arc-en-ciel de la classe de 1999 prélevés en février que dans tous les échantillons de saumons arc-en-ciel et de saumons atlantiques recueillis en avril. Le tableau 1 donne la moyenne, l'erreur-type, le minimum et le maximum de ces trois mesures pour chaque groupe de poissons. En ce qui concerne l'œstradiol, les résultats obtenus pour les échantillons de saumons atlantiques n'étaient pas significatifs. Pendant l'échantillonnage des saumons arc-en-ciel, deux des spécimens de la classe de 2000 contenaient des œufs matures. De fortes concentrations d'œstradiol ont été observées (8874,92 et 6398,28 $pg{\cdot}ml^{-1}$ respectivement pour les cages installées à 10 m et 25 m de profondeur). Ces valeurs extrêmement élevées ont été exclues de l'analyse. Les échantillons de la classe de 1999 obtenus en février présentaient des niveaux d'œstradiol nettement plus bas que les échantillons de la classe de 2000 prélevés en avril (p = 0,0002) (tableau 2).

Tableau 2. Concentrations de 17β-œstradiol (pg/ml) chez les saumons arc-en-ciel.

Spécimen	Moyenne ± erreur-type	Min	Max
SH2-10*	19,11 ± 4,87	0,73	49,29
SH2-25	38,21 ± 7,90	5,57	79,09
SH1-10	87,05 ± 16,98	34,82	173,02
SH1-25	102,73 ± 20,94	50,69	199,33

* SH2-10 = (SH) Saumon arc-en-ciel, (2-10) le premier chiffre indique la classe annuelle et le deuxième la profondeur de la cage en mètres.

L'examen vétérinaire a confirmé que la mortalité des saumons arc-en-ciel de deuxième année a été précédée par une détresse du mécanisme d'osmorégulation. Chez les salmonidés adaptés au milieu marin, l'osmolalité plasmique se situe généralement dans la plage 300-400 $mosm{\cdot}l^{-1}$ (Staurnes *et al.*, 1990; Rørvik *et al.*, 2000). Alors que dans les échantillons d'avril les chiffres de l'osmolalité des saumons arc-en-ciel et des saumons atlantiques étaient normaux, les échantillons de février présentaient nettement des perturbations osmotiques. Les niveaux de cortisol et de glucose présentaient le même patron que l'osmolalité. Cela indique que les saumons arc-en-ciel de deuxième année étaient soumis à un stress en février (le taux normal de glucose sanguin chez les saumons arc-en-ciel est de 63-144 $mg{\cdot}dL^{-1}$, Bowser, 1993). Apparemment, la perturbation de l'osmolalité chez les saumons arc-en-ciel de deuxième année reflétait cet état de stress.

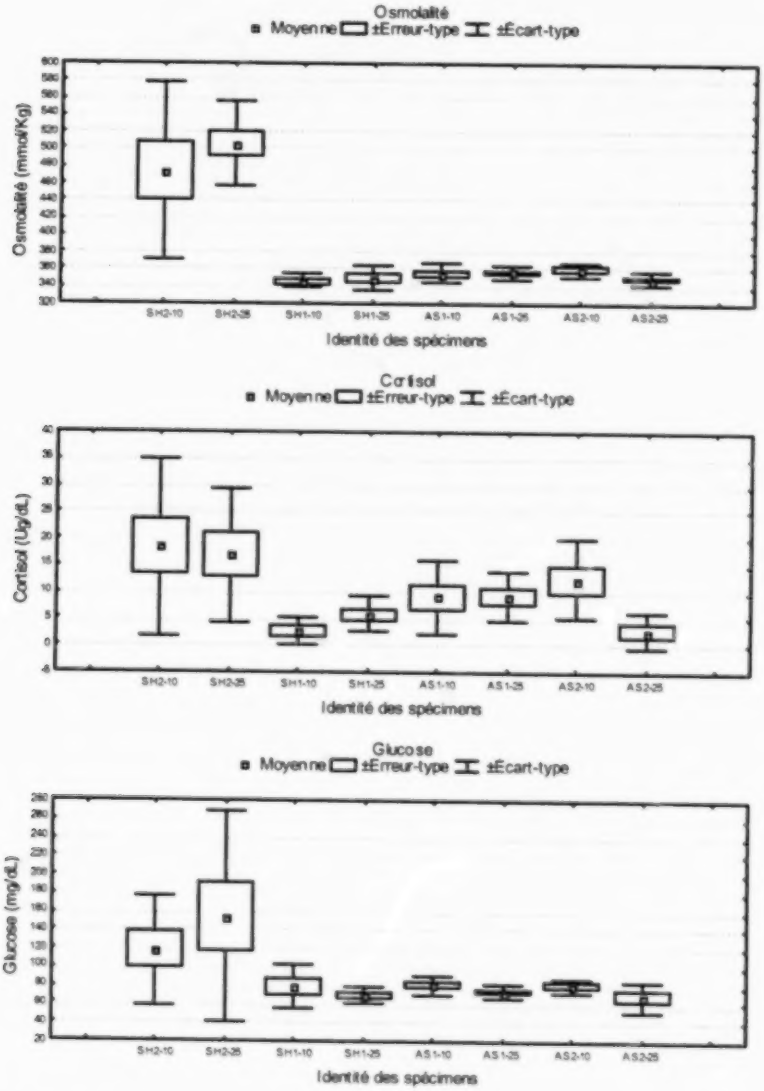


Fig. 4. Analyses de sang des saumons arc-en-ciel (SH) et des saumons atlantiques (AS)

Les fluctuations de la salinité à une profondeur de 3 m (de 26 à 34 ‰, fig. 5) correspondent à la plage des conditions du milieu marin allant de l'eau saumâtre à la pleine salinité. Les données sur la salinité fournies par les étiquettes DST ont toutefois démontré que la salinité au-dessus de la profondeur de 3 m était influencée par la présence d'une couche d'eau douce, provenant vraisemblablement de la chute d'eau qui se trouve à proximité. Cette variabilité de la salinité dans la portion supérieure de la colonne d'eau peut avoir suffi à attirer les poissons en cours de maturation vers la surface pour tenter d'échapper aux effets de l'osmorégulation, mais ils étaient alors exposés à l'occasion à des températures létales de l'eau et à la plus grande variabilité thermique qui est caractéristique de la portion supérieure de la colonne d'eau dans les cages d'aquaculture.

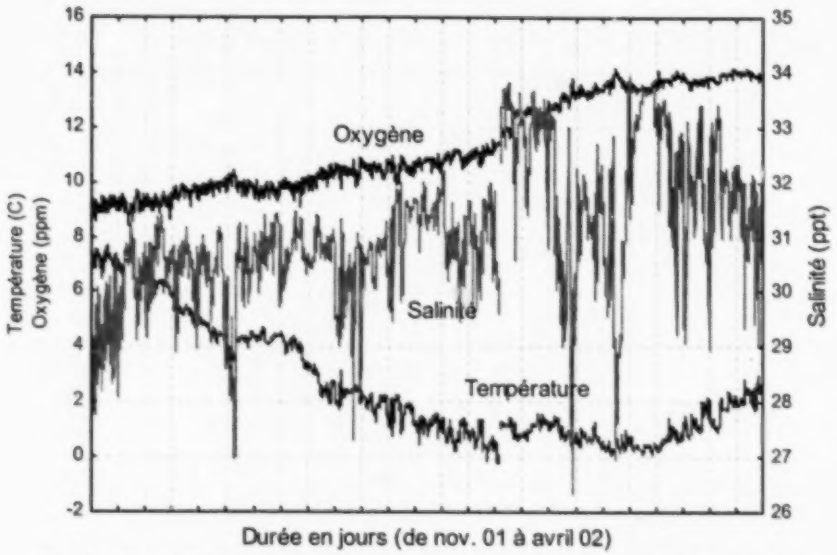


Fig. 5. Variabilité de la température, de la teneur en oxygène et de la salinité à une profondeur de 3 m au site de The Matchums.

Les observations recueillies pendant la surveillance vétérinaire permettent de penser que les taux de maturation atteignaient >90 % chez les saumons arc-en-ciel moribonds. Toutefois, la transformation à l'usine de produits aquacoles a confirmé la présence d'œufs chez ~10 % des poissons récoltés. Cet écart apparent peut s'expliquer par le fait que les poissons en maturation étaient en train de mourir et que les saumons qui restaient au moment de la récolte étaient ceux dont le cycle reproductif était moins avancé.

Si les niveaux d'œstradiol étaient nettement différents entre les échantillons de février et d'avril, il est difficile d'expliquer le phénomène étant donné que le prélèvement d'échantillons s'est fait en une seule fois. La maturation sexuelle des saumons d'élevage gardés en eau de mer avant leur récolte est indésirable pour les salmoniculteurs car elle est associée à un arrêt de la croissance et à une baisse de la qualité des poissons, ce qui réduit leur valeur marchande (Stead *et al.*, 1999). L'élément qui apparaît le plus critique pour le développement de cette industrie est un programme de profilage hormonal des salmonidés qui examinerait la possibilité de raffiner les pratiques d'élevage en vue d'empêcher la maturation.

Remerciements

Cette étude a été financée dans le cadre du Programme coopératif de recherche-développement en aquaculture du MPO en collaboration avec la NSGA.

Références bibliographiques

Bowser, P.R. 1993. Clinical pathology of salmonid fishes. pp 327-332 *dans* Fish Medicine. Stoskopf, M.K. (ed.), W.B. Saunders Company, Philadelphia.

Rørvik K., Skjervold, P.O., Fjaera, S.O., et Steien, S.H. 2000. Distended, water-filled stomach in seawater farmed rainbow trout, *Oncorhynchus mikiss* (Walbaum), provoked experimentally by osmoregulatory stress. J. Fish. Diseases, 23: 15–18

Staurnes, M., Andorsdottir, G., et Sundby, A. 1990. Distended, water-filled stomach in sea-farmed rainbow trout. Aquaculture, 90: 333–343.

Stead, S.M., Houlihan, D.F., McLay, H.A., et Johnstone, R. 1999. Food consumption and growth in maturing Atlantic salmon (*Salmo salar*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 2019-2028.

Stock delineation of white hake (*Urophycis musicki*) in the southern Gulf of St. Lawrence: Applicability of parasites as bioindicators/ Délimitation des stocks de merluche blanche (*Urophycis tenuis*) du sud du golfe du Saint-Laurent : utilisation possible de parasites comme bioindicateurs. Jason Melendy, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, 343 Université Avenue, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 Tel.: (506) 851-6134 Fax: (506) 851-3179 E-mail: MelendyJ@dfo-mpo.gc.ca / Jason Melendy, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343, avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Tél. : (506) 851-6134 Téléc. : (506) 851-3179 Courriel : MelendyJ@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: A total of 241 white hake (*Urophycis tenuis*) were sampled from the Laurentian Channel and St. George's Bay for a study designed to asses the usefulness of infection parameters of protozoan and metazoan parasites in distinguishing two fish stocks thought to inhabit in the southern Gulf of St. Lawrence (NAFO subdivision 4T). Hosts from the two areas did not differ significantly in regard to body length (Kruskal-Wallis $P < 0.05$). Eighteen species of parasite were identified and preliminary analysis revealed that Laurentian Channel ("channel") and St. George's Bay ("strait") samples differed significantly ($P<0.01$) in respect to prevalence and abundance of five parasite species, *Spinitectus cristatus* (Nematoda: Spirurida), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala: Palaeacanthocephala), *Diclophoroides maccallumi* (Monogenea: Polyopisthocotylea), *Loma* sp. (Microspora: Microsporida), and cysts of unidentified etiology ("CUE"). *C. strumosum*, *Loma* sp. and CUE all appear to be relatively long lived, without undergoing reproduction on the host, and hence may prove useful as "biological tags" in distinguishing "channel" from "strait" hake, as well as in delineation of the stock components of other species. Furthermore, results of this study support previous morphometric studies in 4T hake which suggest the existence of "channel" and "strait" stock components.

Résumé: Nous avons obtenu un échantillon de 241 merluches blanches (*Urophycis tenuis*) capturées dans le chenal Laurentien et la baie St-George afin d'évaluer l'utilité de paramètres d'infestation par des parasites protozoaires ou métazoaires pour distinguer deux stocks présumés de ce poisson dans le sud du golfe du Saint-Laurent (sous-division 4T de l'OPANO). La longueur des merluches parasitées ne différait pas significativement entre les deux secteurs (test de Kruskal-Wallis; $p < 0,05$). Nous avons identifié 18 espèces parasites au total. Selon nos analyses préliminaires, les poissons du chenal Laurentien et ceux de la baie St-George différaient significativement ($p < 0,01$) pour ce qui est de la prévalence et de l'abondance de cinq espèces parasites, soit *Spinitectus cristatus* (Nematoda : Spirurida), *Corynosoma strumosum* (Acanthocephala : Palaeacanthocephala), *Diclophoroides maccallumi* (Monogenea : Polyopisthocotylea), *Loma* sp. (Microspora : Microsporida) et des cystes d'origine inconnue (COI). *C. strumosum*, *Loma* sp. et les COI semblent présenter une durée de vie relativement longue sans se reproduire chez l'hôte et pourraient ainsi servir de marqueurs biologiques permettant de distinguer les stocks de merluche et d'autres espèces de poisson. Les résultats de cette étude corroborent ceux d'études morphométriques de la merluche dans la sous-division 4T qui semblaient indiquer la présence de deux stocks distincts.

Lakes within landscapes: Variation in trophic status in a chain of three large sockeye nursery lakes in north-central British Columbia/ Les lacs dans le paysage: variation du niveau trophique de trois grands lacs d'alevinage du saumon rouge formant une chaîne dans le centre-nord de la Colombie-Britannique. Ken Morton, Ken Shortreed and Jeremy Hume, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Freshwater Habitat Section, Cultus Lake, British Columbia V2R 5B6 Tel.: (604) 824-4702 Fax: (604) 858-3757 E-mail: MortonK@dfo-mpo.gc.ca / Ken Morton, Ken Shortreed et Jeremy Hume, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Section des habitats d'eau douce, Lac Cultus (Colombie-Britannique) V2R 5B6 Tél. : (604) 824-4702 Téléc. : (604) 858-3757 Courriel : MortonK@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Stuart lake chain is comprised of three sockeye producing lakes (Takla, Trembleur and Stuart) within British Columbia's Fraser River system. Offspring of anadromous sockeye salmon rear in

these lakes for one year before migrating seaward. Physical, chemical, and biological conditions within the lake environment strongly affect growth and survival of rearing juvenile sockeye salmon. Historically, limnologists studied lakes as spatially independent entities. Only recently has the concept of lakes existing in series along spatial gradients or cascading chains been considered. We analysed limnological data from the Stuart lake chain collected over a three-year period (1996-1998) to determine how landscape position influences specific lake variables, lake trophic status, and juvenile sockeye growth. Variables subject to weather processes such as alkalinity, pH and total dissolved solids increased down the lake chain. Total phosphorus at spring overturn also increased with increasing landscape position but seasonal average epilimnetic nitrate concentration decreased. Chlorophyll concentration and total zooplankton biomass increased down the lake chain but *Daphnia* (the preferred prey of juvenile sockeye) biomass and juvenile sockeye growth rates were greatest in Trembleur Lake (middle lake in the series). Our data indicate that the lakes became progressively more productive with increasing landscape position but more analysis is required to determine why *Daphnia* biomass and fish size failed to follow this trend.

Résumé: Située dans le bassin du fleuve Fraser en Colombie-Britannique, la chaîne des lacs Stuart comprend trois lacs abritant du saumon rouge, soit les lacs Takla, Trembleur et Stuart. Du saumon rouge anadrome juvénile passe un an dans ces lacs avant de migrer vers la mer. Les conditions physiques, chimiques et biologiques du milieu lacustre déterminent largement la croissance et la survie des jeunes saumons. Alors que par le passé les limnologues étudiaient les lacs comme des entités indépendantes dans l'espace, on commence à les aborder dans le contexte des gradients spatiaux, ou chaînes en cascades, que forment les lacs disposés en série. Nous avons analysé des données limnologiques recueillies sur la chaîne des lacs Stuart pendant trois ans (de 1996 à 1998) pour déterminer comment la position du lac dans le paysage influe sur diverses variables limnologiques, dont le niveau trophique du lac, et la croissance du saumon rouge juvénile. Les variables sensibles aux processus météorologiques, comme l'alcalinité, le pH et les solides dissous totaux, présentaient des valeurs croissantes du lac amont au lac aval. La concentration de phosphore total lors de la circulation printanière augmentait aussi vers l'aval, tandis que la concentration saisonnière moyenne de nitrate dans l'épilimnion diminuait vers l'aval. La concentration de chlorophylle et la biomasse totale du zooplancton augmentaient vers l'aval, mais la biomasse de *Daphnia* (la proie préférée du saumon rouge juvénile) et les taux de croissance des jeunes saumons étaient plus élevés dans le lac Trembleur (le deuxième lac de la chaîne des trois lacs). Nos données indiquent que la productivité des lacs augmente progressivement vers l'aval, mais des analyses approfondies sont nécessaires pour déterminer pourquoi la biomasse de *Daphnia* et la taille du poisson ne suivent pas cette tendance.

The development of an ice algae bloom in relation to the optical properties of a changing snow and first-year sea ice cover near Resolute, Nunavut/ Le développement d'une floraison d'algues de glace en relation avec les propriétés optiques changeantes du couvert de neige et de glace de mer annuelle, près de Resolute, Nunavut.

C.J. Mundy and D.G. Barber, University of Manitoba, Department of Geography, Centre for Earth Observation Science, Winnipeg, Manitoba R3T 2N2 Tel.: (204) 474-8599 Fax: (204) 474-7699 E-mail: ummundy0@cc.umanitoba.ca *and* C. Michel, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 984-8726 Fax: (204) 984-2403 E-mail: MichelC@dfo-mpo.gc.ca / C.J. Mundy et D.G. Barber, Université du Manitoba, Département de géographie, Centre for Earth Observation Science, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N2 Tél. : (204) 474-8599 Téléc. : (204) 474-7699 Courriel : ummundy0@cc.umanitoba.ca *et* C. Michel, Pêches et Océans Canda, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 984-8726 Téléc. : (204) 984-2403 Courriel : MichelC@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: A detailed bio-physical dataset was collected during late spring 2002, near Resolute Bay (Nunavut), to examine the relationship between a bottom ice algal bloom and radiative transfer through the atmosphere and snow. Results demonstrate that snow cover spatial (on the order of meters) and temporal variability results in complex trends of ice algal biomass. Ice algal chlorophyll *a* (chl *a*) under low

snow depths (< 6 cm) showed a significant seasonal decrease, which corresponded to an ablating snow cover and increased light availability. Under intermediate snow depths (6-20 cm), bottom ice chl *a* concentrations decreased slightly at the end of the sampling period. Maximum chl *a* values were observed at intermediate snow depth. Under high snow depths (> 20 cm), bottom ice chl *a* concentrations were correlated with snow depth but did not show any seasonal trend. These results suggest that the overlying snow cover significantly affects ice algae biomass, however, this relationship is complex and may involve other factors not accounted for in this preliminary analysis. As climate change in the Arctic may significantly affect snow depositional patterns, it is important for us to better understand their relationship with ice algal growth for future predictions of the ecosystem.

Résumé: Une série détaillée de données bio-physiques a été recueillie à la fin du printemps 2002, près de Resolute (Nunavut), afin d'examiner la relation entre la floraison des algues de glace et la transmission des radiations solaires dans l'atmosphère et la couche de neige. Les résultats obtenus montrent que la variabilité spatiale (de l'ordre du mètre) et temporelle donne lieu à des tendances complexes dans la biomasse des algues de glace. Sous un couvert de neige mince (< 6 cm), la chlorophylle *a* (chl *a*) des algues de glace présentait une diminution saisonnière, vraisemblablement associée à une faible fonte du couvert de neige et à une augmentation de la lumière à la base de la glace. Sous couvert de neige intermédiaire (de 6 à 20 cm), les concentrations de chl *a* à la base de la glace ont légèrement diminué à la fin de la période d'échantillonnage. Les valeurs maximales de chl *a* dans la glace ont été observées sous couvert de neige intermédiaire. Sous couvert de neige épais (> 20 cm), les concentrations de chl *a* à la base de la glace étaient corrélées avec l'épaisseur de neige, mais ne présentaient aucune tendance saisonnière. Ces résultats suggèrent que la présence d'un couvert de neige joue une rôle significatif sur la biomasse des algues de glace, mais que cette influence est complexe et implique probablement d'autres facteurs qui n'ont pas été considérés dans la présente analyse. Puisque le réchauffement climatique dans l'Arctique risque de modifier les patrons de déposition de la neige, il est important d'en mieux comprendre les effets potentiels sur la croissance des algues de glace afin de prévoir des changements dans l'écosystème.

The use of acoustic ground discrimination as a precursor to the estimation of shellfish abundance/ Utilisation de la discrimination acoustique des fonds marins comme précurseur de l'estimation de l'abondance de mollusques ou de crustacés.

K.S. Naidu and E.M. Seward, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, North Atlantic Fisheries Centre, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-2091 *or* (709) 772-4562 Fax: (709) 772-4105 E-mail: NaiduS@dfo-mpo.gc.ca *or* SewardEL@dfo-mpo.gc.ca / K.S. Naidu et E.M. Seward, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique Nord, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-2091 *ou* (709) 772-4562 Téléc. : (709) 772-4105 Courriel : NaiduS@dfo-mpo.gc.ca *ou* SewardEL@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Estimates of biomass of highly aggregated, epi-benthic and infaunal populations are frequently biased through sampling error attributable in part to the assumptions of (1) spatial homogeneity of density over a given area, and (2) equal catchability of the target species over the entire area surveyed, related to variable bottom type.

This contribution identifies an opportunity to deploy a seabed classification system (ROXANN)[1] to first assess the nature of the seabed prior to stratification and resource estimation. This becomes particularly useful when very large areas are to be efficiently explored for the presence of a given species prior to any attempt at estimating abundance. Once the equipment is calibrated for a particular bottom type associated with the presence of a species, it can be used in a reconnaissance mode to echo-locate other grounds suitable for the presence of the species without actually fishing. This assists in the stratification of the area to obtain robust estimates of abundance and can result in a smaller variance than simple random samples. If each stratum is homogenous, it is possible to obtain a precise estimate of any stratum mean from a small sample in that stratum.

Separate estimates can then be combined to produce a precise estimate for the megapopulation. We have attempted to use this procedure for the estimation of abundance of two sedentary species in the Newfoundland and Labrador area: viz. the Arctic Surf clam[2], *Mactromeris polynymal*, and the Iceland scallop, *Chlamys islandica*.

ROXANN assesses the nature of the seabed by establishing two indices. The first, E1, is created by measuring the signal strength from the oblique back-scatter reflected signals from the first echo return. The second, E2, is created by measuring the signal strength from the second, or double reflection from the sea surface, giving a hardness parameter. In combination, these two indices provide an unambiguous signature for most seabed types, including benthic assemblages containing a given species. In addition to optimization of survey design, there are other benefits as well, e.g. the track file can be re-analyzed to provide contextual bathymetry. Also, the data may be exploited by other user groups, sometimes in ways not originally envisaged.

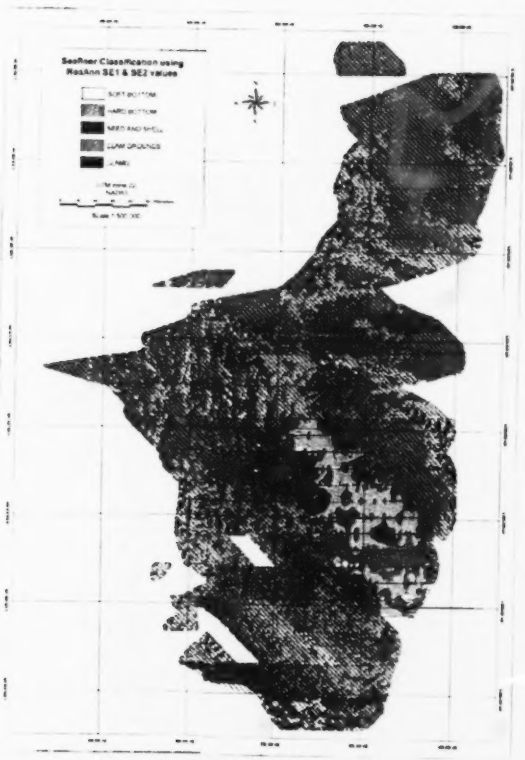
Specialized software is used for real time data interpretation. Subsequently, the data may be exported in ASCII format, allowing the user to manipulate the information using a variety of standard software.

Data on seabed types for any area can be assembled not only during dedicated research missions, but may be supplemented by information collected opportunistically during resource surveys in the area for other species and when the vessel is in transit. The data can be pooled from other vessels to produce a composite of the distribution of seabed types. Examples of how we have assembled such data for the Iceland scallop in the Strait of Belle Isle (NAFO Div. 4R) and for the Arctic surf clam over the vast apron of shelf commonly called the Grand Banks of Newfoundland (NAFO Div. 3LNO) are provided and discussed.

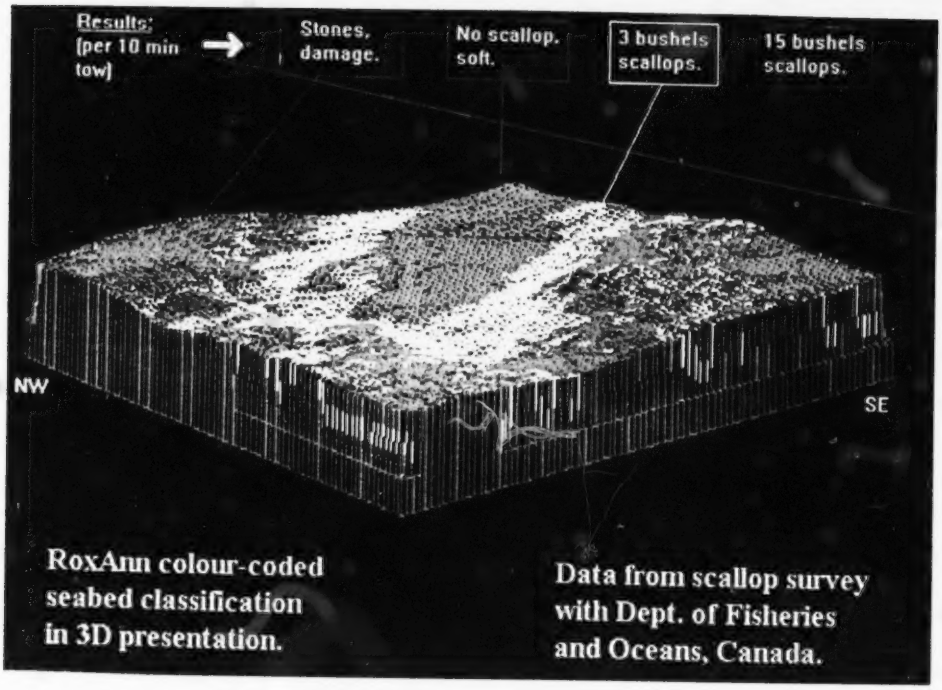
Overall, the acoustic ground discrimination technology is quite promising for a variety of applications involving sedentary shellfish and offers considerable potential for both scientific and commercial use.

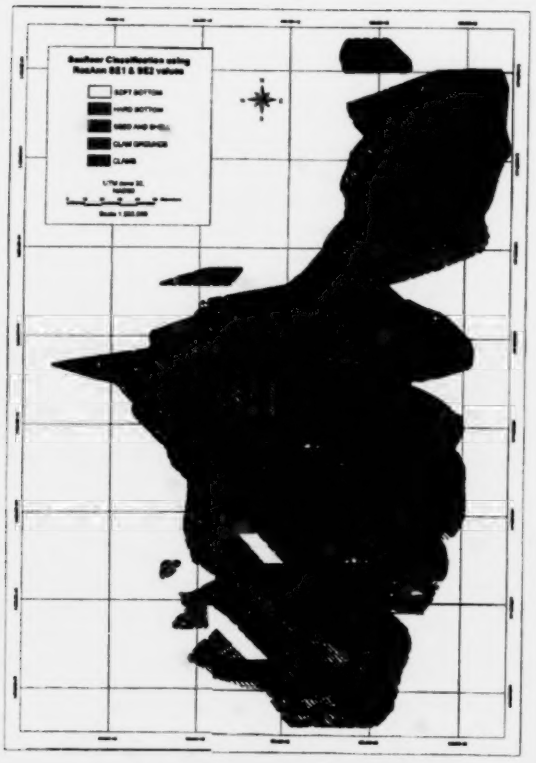
[1] Reference to trade name does not necessarily imply endorsement of product by the Department of Fisheries and Oceans.

[2] ROXANN sweeps for the occurrence of the Arctic surf clam were conducted in partnership with Clearwater Fine Foods Inc., Bedford, Nova Scotia.

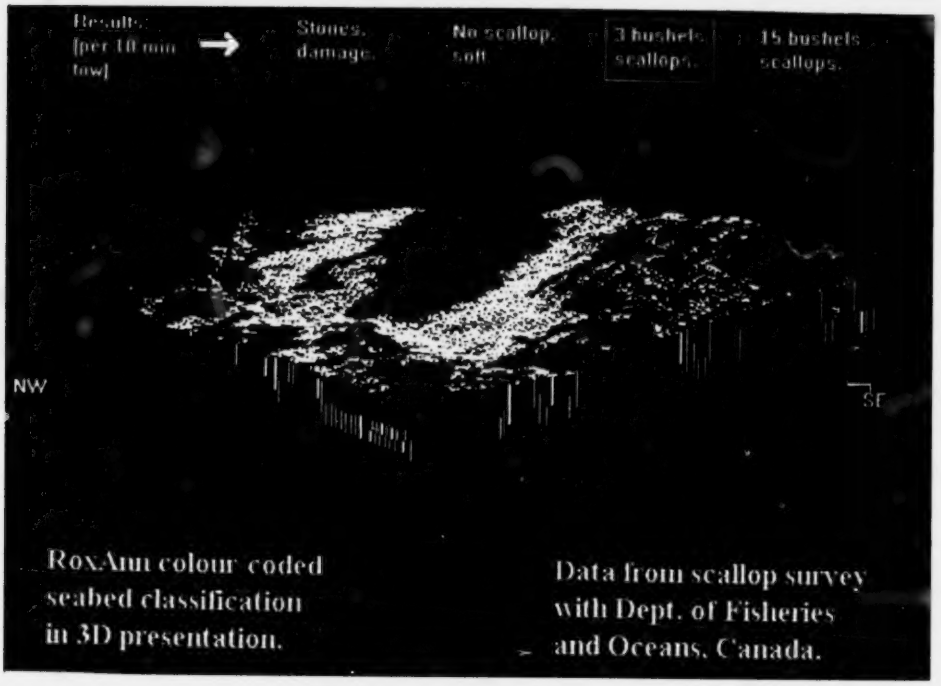


Only 3,400 nmi^2 (out of 12,300 nmi^2) over the Grand Banks of Newfoundland <100 m depth were found to be suitable for the presence of the Arctic surf clam. Acoustic data from 14,000 linear track miles were used in producing this composite.





Only 3,400 nmi^2 (out of 12,300 nmi^2) over the Grand Banks of Newfoundland <100 m depth were found to be suitable for the presence of the Arctic surf clam. Acoustic data from 14,000 linear track miles were used in producing this composite.



Résumé: Les estimations de la biomasse de populations benthiques à répartition très contagieuse sont souvent biaisées par des erreurs d'échantillonnage liées à la variabilité du fond et partiellement attribuables aux suppositions suivantes : (1) homogénéité spatiale de la densité de l'espèce visée sur une superficie donnée et (2) capturabilité uniforme de l'espèce sur toute la zone du relevé.

Dans cette étude, nous relevons la possibilité d'utiliser un système de classification des fonds marins (ROXANN)[1] pour réaliser une évaluation préalable de la nature des fonds marins avant la stratification (pour l'échantillonnage) et l'estimation de la ressource visée. Cette approche est particulièrement utile pour déterminer la présence d'une espèce donnée sur une très grande superficie avant d'en estimer l'abondance. Une fois l'appareil acoustique étalonné pour un type de fond donné associé à la présence de l'espèce visée, on peut s'en servir en mode reconnaissance pour localiser d'autres fonds convenant à l'espèce sans avoir à échantillonner celle-ci directement. Cela aide à stratifier la zone d'intérêt pour obtenir des estimations fiables de l'abondance, avec une variance moindre que celle qui serait obtenue pour un échantillonnage aléatoire simple. Si une strate est homogène, il est possible d'obtenir une estimation précise de l'abondance moyenne pour cette strate en recueillant un petit nombre d'échantillons dans la strate.

On peut ensuite combiner les estimations pour chaque strate afin d'obtenir une estimation précise de la mégapopulation. Nous avons utilisé cette procédure pour estimer l'abondance de deux espèces sédentaires dans la région de Terre-Neuve et du Labrador, soit la mactre de Stimpson[2] (*Mactromeris polynyma*) et le pétoncle d'Islande (*Chlamys islandica*).

Le système ROXANN évalue la nature des fonds marins en établissant deux indices : l'indice E1 est obtenu en mesurant la puissance du signal de rétrodiffusion oblique du premier écho, et l'indice E2, en mesurant la puissance du signal de la deuxième réflexion, ce qui fournit un paramètre de dureté du fond. La combinaison de ces deux signaux fournit une signature non ambiguë pour la plupart des types de fonds, y compris ceux associés à des assemblages benthiques comprenant une espèce donnée. En plus de permettre d'optimiser la conception des relevés, la méthode procure d'autres avantages, p. ex. on peut réanalyser les fichiers de données pour établir la bathymétrie contextuelle. En outre, d'autres groupes d'utilisateurs pourraient exploiter les données, parfois de façons qui n'étaient pas envisagées au départ.

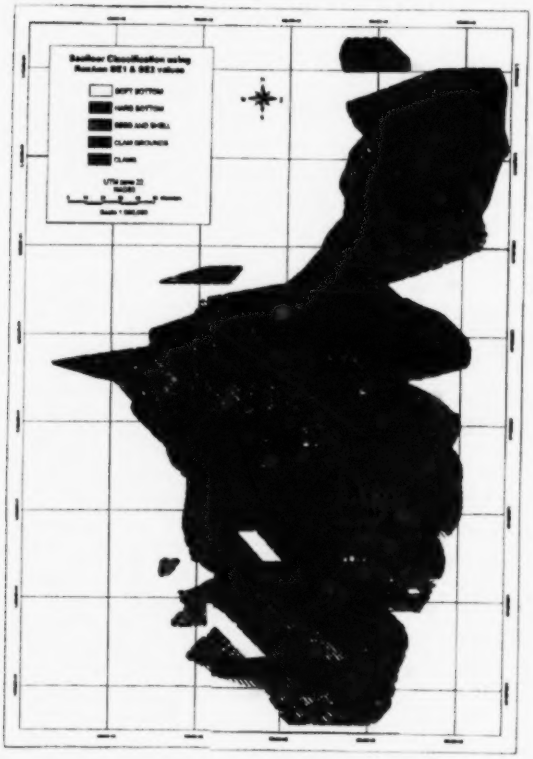
On se sert de logiciels spécialisés pour l'interprétation des données en temps réel. On peut ensuite exporter les données en format ASCII, ce qui permet à l'utilisateur de les traiter au moyen de divers logiciels standard.

On peut compléter les donnés sur les fonds marins obtenues lors de missions de recherche réalisées à cette fin en profitant du passage dans la région d'intérêt de navires de relevés de pêche pour recueillir des données acoustiques sur les fonds. On peut regrouper des données obtenues par divers navires pour déterminer la répartition des différents types de fonds marins. Nous présentons et commentons des exemples de la compilation de telles données pour le pétoncle d'Islande dans le détroit de Belle Isle (division 4R de l'OPANO) et la mactre de Stimpson sur les Grand Bancs de Terre-Neuve (divisions 3LNO de l'OPANO).

En somme, la technologie de discrimination acoustique des fonds marins pourrait s'avérer très utile pour diverses applications liées aux mollusques sédentaires, à des fins tant scientifiques que commerciales.

[1] La mention d'une appellation commerciale ne signifie pas nécessairement que le ministère des Pêches et des Océans approuve le produit.

[2] Les relevés des fonds propices à la présence de la mactre de Stimpson effectués au moyen du système ROXANN ont été menés en partenariat avec Clearwater Fine Foods Inc., de Bedford (Nouvelle-Écosse).

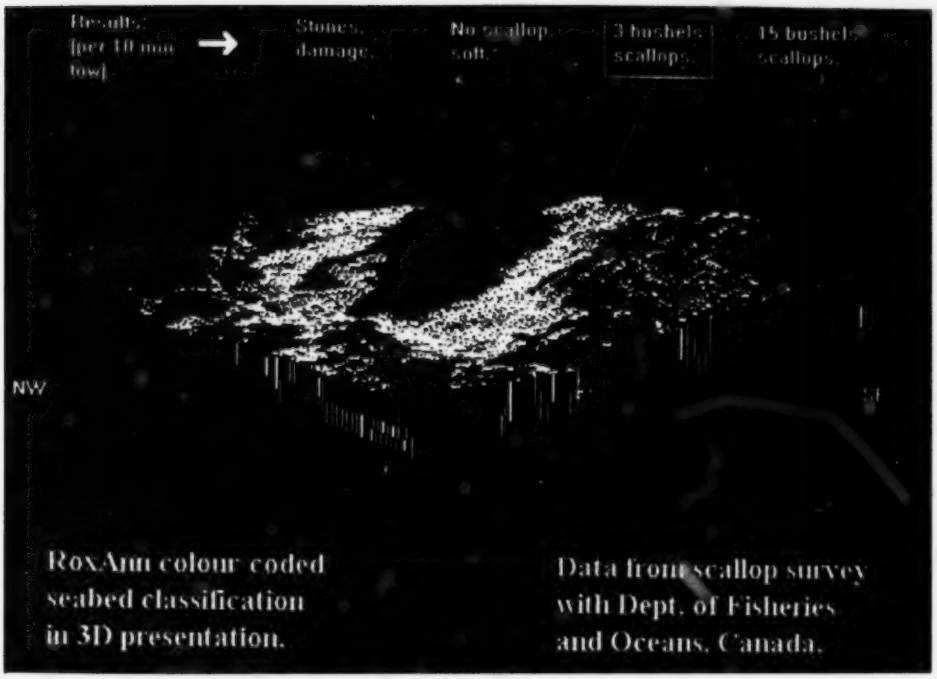


Sur les Grands Bancs de Terre-Neuve, seulement 3 400 nm^2 des 12 300 nm^2 de fonds marins de profondeur inférieure à 100 m sont propices à la présence de la mactre de Stimpson. Nous avons utilisé des données acoustiques relevées sur 14 000 milles nautiques pour produire cette image composée.

TRADUCTION

Seafloor classification using RoxAnn SE1 & SE 2 values =
Classification des fonds marins selon les valeurs SE1 et SE2 mesurées par le système ROXANN

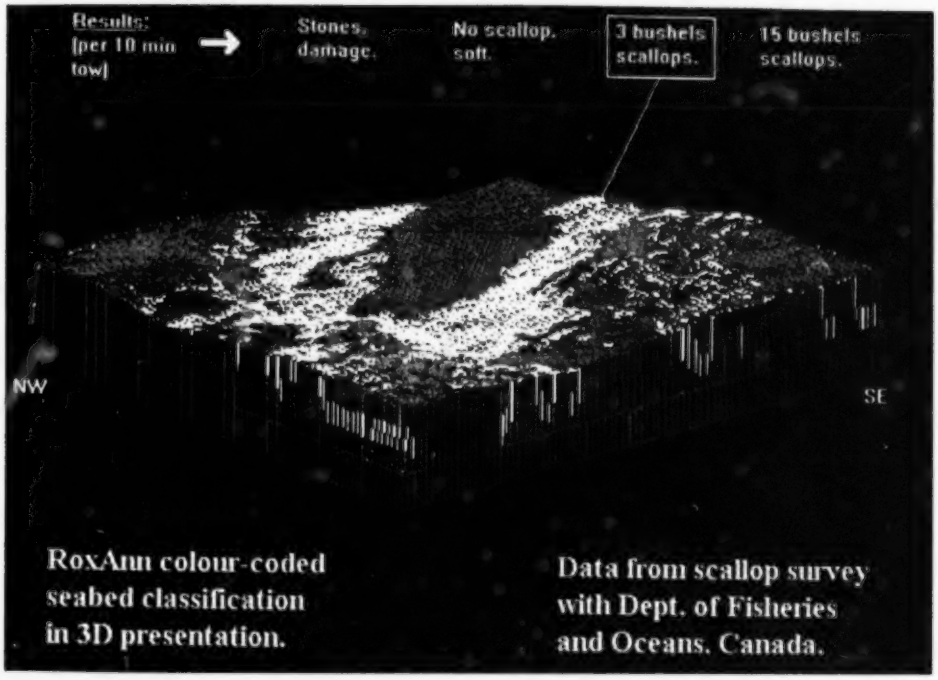
SOFT BOTTOM = FOND MOU
HARD BOTTOM = FOND DUR
SEED AND SHELL = NAISSAIN ET COQUILLES
CLAM GROUNDS = FONDS À CLAMS
CLAMS = CLAMS
UTM zone 22, NAD83 = Zone UTM 22, NAD83
Kilometers = Kilomètres
Scale 1:500,000 = Échelle : 1/500 000



TRADUCTION

Results (per 10 min tow) = Résultats (par remorquage de 10 min)
Stones, damage = Roches, dommage
No scallop, soft = Aucun pétoncle, fond mou
3 bushels scallop = 3 boisseaux de pétoncles
15 bushels scallop = 15 boisseaux de pétoncles
NW = N-O
SE = S-E
RoxAnn colour-coded seabed classification in 3D présentation =
Représentation tridimensionnelle à codage couleur de la classification des fonds marins réalisée au moyen du système ROXANN

Data from scallop survey with Dept. of Fisheries and Oceans, Canada = Données d'un relevé du pétoncle réalisé par Pêches et Océans Canada



TRADUCTION

Results (per 10 min tow) = Résultats (par remorquage de 10 min)
Stones, damage = Roches, dommage
No scallop, soft = Aucun pétoncle, fond mou
3 bushels scallop = 3 boisseaux de pétoncles
15 bushels scallop = 15 boisseaux de pétoncles
NW = N-O
SE = S-E
RoxAnn colour-coded seabed classification in 3D présentation =
Représentation tridimensionnelle à codage couleur de la classification des fonds marins réalisée au moyen du système ROXANN

Data from scallop survey with Dept. of Fisheries and Oceans, Canada = Données d'un relevé du pétoncle réalisé par Pêches et Océans Canada

Issues related to exotic and invasive species in aquatic ecosystems/ Problèmes imputables à la présence d'espèces exotiques et d'espèces envahissantes dans les écosystèmes aquatiques. Arthur J. Niimi, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4868 Fax: (905) 336-6437 E-mail: NiimiA@dfo-mpo.gc.ca / Arthur J. Niimi, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4868 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : NiimiA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Exotic species play an important role in fisheries management because of purposefully introducing new species to supplement declining stocks, or create new opportunities. A more ominous role has become evident over the past 50 years with the sharp increase in accidental introductions of many plant and animal taxa. Many introduced species have become integrated into biological communities, with no obvious positive or negative effects. A few have assumed an invasive role, and caused significant changes in community structure and function that can undermine the management of a renewable resource. This presentation will identify the need to define species according to their role in aquatic ecosystems on a functional basis in relation to perceived current and future habitat conditions, rather than long standing views based on exotic versus native species. Methods to control or eradiate undesirable species will also be discussed because of the realisation that accidental introductions will continue at an accelerated pace. Many ecosystems are also becoming more susceptible to exotic species becoming invasive because of environmental perturbations that continue to decrease their resilience.

Résumé: Les espèces exotiques constituent un élément important dans la gestion des pêches en raison de l'introduction volontaire de telles espèces dans le but d'augmenter l'effectif de stocks en déclin ou de créer de nouvelles possibilités. Nombre de ces espèces introduites se sont intégrées à la biocénose sans effet positif ou négatif notable sur celle-ci. Avec la forte augmentation du nombre d'introductions accidentelles de nombreuses espèces végétales et animales au cours des 50 dernières années, on a constaté que certaines d'entre elles sont à l'origine d'un problème inquiétant. En effet, certaines espèces sont envahissantes et entraînent des modifications importantes dans la structure et le fonctionnement des communautés qui peuvent nuire à la gestion d'une ressource renouvelable. Dans cette présentation, nous déterminerons le besoin de définir les espèces en fonction de leur rôle au sein des écosystèmes aquatiques, sur le plan fonctionnel, en considérant les conditions actuelles et futures présumées de l'habitat, plutôt qu'en fonction d'idées de longue date opposant espèces exotiques et espèces indigènes. Nous discuterons également des méthodes de lutte ou d'éradication des espèces indésirables étant donné que le nombre d'introductions accidentelles continuera d'augmenter de manière accélérée. Nombre d'écosystèmes deviennent aussi plus sensibles aux espèces exotiques qui deviennent envahissantes en raison des perturbations environnementales qui réduisent leur résilience.

An evaluation of lake bottom sediment as an environmental indicator/ Évaluation de l'utilité des sédiments lacustres en tant qu'indicateur environnemental. Liisa Peramaki, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, Environmental Science Branch, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 998-1446 Fax: (613) 998-3329 E-mail: PeramakiL@dfo-mpo.gc.ca / Liisa Peramaki, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Direction des sciences de l'environnement, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 998-1446 Téléc. : (613) 998-3329 Courriel : PeramakiL@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Environmental indicators are valuable scientific and management tools. They are used to describe, analyze, summarize and present information on environmental conditions, trends and significance. Lake bottom sediment, specifically metal and nutrient content, represents a potentially valuable environmental indicator for northern ecosystems. The purpose of this research is to evaluate the quality of lake bottom sediment as an environmental indicator in the Coppermine River basin.

Using a mixed-method approach, the research incorporates social surveying and environmental sampling. Personal interviews were conducted with thirty interested parties to describe the management context for general indicator development and evaluation. Sediment cores were collected from four lakes in the headwaters region of the Coppermine River basin. The cores were dated using ^{210}Pb and analyzed for particle size, organic content, and major element, metal and nutrient concentrations.

The research concludes that lake bottom sediment represents a good indicator of state for the Coppermine River basin. The indicator's greatest strengths are that it is able to document historic trends over time and is effective in indicating the long-range transport of atmospheric pollutants, an important societal concern. The indicator's greatest weakness is its low sensitivity to change and coarse temporal resolution due to low sedimentation rates.

Résumé: Les indicateurs environnementaux constituent de précieux outils de recherche scientifique et de gestion. Ils servent à décrire, à analyser, à résumer et à présenter de l'information sur les conditions environnementales, leur évolution et leur signification. Les sédiments lacustres, plus précisément leurs teneurs en métaux et en éléments nutritifs, pourraient constituer un indicateur environnemental précieux pour les écosystèmes nordiques. Notre projet de recherche vise à évaluer l'utilité des sédiments lacustres en tant qu'indicateur environnemental dans le bassin de la rivière Coppermine.

Le projet intègre des entrevues et de l'échantillonnage environnemental. Nous avons interviewé trente intervenants afin de décrire le contexte de gestion pour l'élaboration et l'évaluation d'indicateurs généraux. Nous avons prélevé des carottes de sédiment dans quatre lacs situés dans la région amont du bassin de la rivière Coppermine. Nous avons daté ces sédiments au ^{210}Pb et en avons déterminé la granulométrie, le contenu organique et les concentrations des principaux éléments, métaux et nutriments.

Nous concluons que les sédiments lacustres constituent un bon indicateur de l'état de l'environnement dans le bassin de la rivière Coppermine. Voici les principaux avantages de l'indicateur : il documente l'évolution passée de l'état de l'environnement et met bien en évidence le transport à grande distance des polluants atmosphériques, un important problème pour la société. La faible sensibilité aux changements de l'indicateur et sa faible résolution temporelle (au taux de sédimentation peu élevés) constituent ses principaux désavantages.

Variation in contribution of energy sources to the growth of juvenile chinook salmon in small stream of the Yukon River basin/ Variation de la contribution des sources d'énergie à la croissance du saumon quinnat juvénile dans des ruisseaux du bassin du fleuve Yukon.

R.W. Perry, M.J. Bradford and J.A. Grout, Fisheries and Oceans Canada, Pacific Region, Simon Fraser University, Cooperative Resource Management Institute, School of Resource and Environmental Management, Burnaby, British Columbia V5A 1S6 Tel.: (604) 666-7912 Fax: (604) 666-1995 E-mail: mbradfor@sfu.ca / R.W. Perry, M.J. Bradford et J.A. Grout, Pêches et Océans Canada, Région du Pacifique, Université Simon Fraser, School of Resource and Environmental Management, Cooperative Resource Management Institute, Burnaby (Colombie-Britannique) V5A 1S6 Tél. : (604) 666-7912 Téléc. : (604) 666-1995 Courriel : mbradfor@sfu.ca

Abstract: We used the stable isotopes of carbon and nitrogen in a dynamic modelling approach to estimate the contribution of stream algae vs. terrestrial detritus to the growth of chinook salmon in five non-natal streams of the Yukon River basin. Young salmon enter these streams in early July, and we found their ^{13}C signatures changed over the summer. Two of our study streams were impacted by fire, and had high suspended sediment levels. In these streams, most invertebrates made use of the elevated levels of terrestrial debris, and growth of fish was also dependent on these allocthonous sources. In the other three streams, water was clear, and more invertebrates gained energy from autotrophic production. As a result, up to 50% of fish growth was derived from stream algae. Thus, in spite of a short growing season and cool stream water temperatures, stream algae can contribute significantly to fish growth. Previous research has shown how elevated suspended sediment levels from industrial activity can reduce primary productivity, and our study suggests this may affect food webs for young salmon.

Résumé: Nous avons utilisé les isotopes stables du carbone et de l'azote dans le cadre d'une approche de modélisation dynamique pour estimer la contribution des algues et des débris terrestres à la croissance du saumon quinnat dans cinq ruisseaux non natals dans le bassin du fleuve Yukon. Les jeunes saumons atteignent ces ruisseaux au début de juillet. Nous avons remarqué que leur composition isotopique en carbone 13 a changé au cours de l'été. Un incendie a touché deux des ruisseaux d'étude, et ces derniers avaient des concentrations élevées de sédiments en suspension. Dans ces ruisseaux, la majorité des invertébrés ont tiré profit des concentrations élevées de débris terrestres, et la croissance des poissons a également été tributaire de ces sources allochtones. Dans les trois autres ruisseaux, l'eau était claire, et davantage d'invertébrés ont tiré l'énergie dont ils avaient besoin de la production autotrophe. En conséquence, jusqu'à 50 % de la croissance des poissons était due aux algues présentes dans les ruisseaux. En dépit d'une saison de croissance courte et d'une eau froide, les algues des ruisseaux peuvent contribuer de manière significative à la croissance des poissons. Des recherches antérieures ont indiqué l'impact négatif que les concentrations élevées de sédiments en suspension attribuables à l'activité industrielle peuvent avoir sur la production primaire. Il semblerait, d'après nos résultats, que cet impact peut se répercuter sur la chaîne alimentaire des jeunes saumons.

ICYCLER: A moored energy conserving profiler/ ICYCLER, un profileur sous-marin captif économe d'énergie.

S. Prinsenberg and G. Fowler, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, Ocean Science Division, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-6929 Fax: (902) 426-7827 E-mail: PrinsenbergS@dfo-mpo.gc.ca / S. Prinsenberg et G. Fowler, Pêches et Océans Canada, Région des Maritimes, Institut océanographique de Bedford, 1 promenade Challenger, C.P. 1006, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2Y 4A2 Tél. : (902) 426-6929 Téléc. : (902) 426-7827 Courriel : PrinsenbergS@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: A new profiling instrument "ICYCLER" has been developed at the Bedford Institute of Oceanography to recover data from beneath a mobile ice cover in lakes or oceanic environment. This device is based on a taut single point mid-water mooring. It incorporates a small, instrumented vertically profiling float attached via an electromechanical cable to a winch integral with the main subsurface flotation. On a pre-set schedule, the instrument float carrying a CTD is winched up to a point just beneath the ice defined by an on-board miniature sonar and then is immediately winched down to safety. Energy demands are severe for long-term deployment during which several profiles per day are required. To respond to these concerns, the system has been designed to conserve a substantial portion of the potential energy lost during the ascent phase of each profile and subsequently use this energy to pull the instrument down out of harm's way.

Résumé: À l'Institut océanographique de Bedford, on a développé un nouveau profileur « ICYCLER » pour la saisie de données sous une couverture glacielle mobile dans un lac ou l'océan. Cet appareil est placé sur un ancrage semi-pélagique tendu à point unique. Il comporte un petit flotteur instrumenté à profil vertical attaché au moyen d'un câble électromécanique à un treuil intégré au flotteur de subsurface principal. Selon un horaire pré-établi, le flotteur instrumenté muni d'un CTP est hissé avec le treuil jusqu'à un point situé juste au-dessous de la glace définie par un sonar miniature embarqué et redescendu immédiatement à une profondeur sûre. Les exigences en matière d'énergie sont élevées s'il s'agit d'une mise en place à long terme au cours duquel il faut dresser plusieurs profils par jour. Pour contrer ce problème, on a conçu le système pour qu'il conserve une partie importante de l'énergie potentielle perdue pendant la remontée de chaque profil et qu'il utilise par la suite cette énergie pour redescendre l'instrument et ainsi éviter tout dommage.

The GeoPortal, an open, standards-based Web-based service architecture, is an enabling agent to facilitate the use of geospatial contents and geospatial services for community portals/ Le GéoPortail, une architecture ouverte standard de services axés sur le Web qui facilite l'utilisation de contenus et de services géospatiaux dans les portails de collectivités.

Dave Pugh and Don Vachon, Fisheries and Oceans Canada, National Capital Region, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 991-9427 *or* (613) 995-4524 E-mail: PughD@dfo-mpo.gc.ca *or* VachonD@dfo-mpo.gc.ca / Dave Pugh et Don Vachon, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 991-9427 *ou* (613) 995-4524 Courriel : PughD@dfo-mpo.gc.ca *ou* VachonD@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: In many organizations, including DFO, geospatial information is difficult to share for a variety of reasons, technological and organizational. This results in a substantial duplication of effort in having to re-acquire and re-convert the same data for different technology platforms. The GeoPortal is comprised of two major components: a geospatial infrastructure for information discovery and integration, and a common user interface to enable access to services provided via the infrastructure and spatial display capabilities.

The GeoPortal is also aiming to be an enabling agent to facilitate the inclusion of geospatial contents and geospatial services in community (or subject) portals. A community portal can be defined as a portal addressing the information requirements of a specific target community (Science data inventory, habitat management, marine services, etc.). The GeoPortal will be used by the community portal developers to target specific geospatial contents and services to include in their own portal.

The GeoPortal is based on an open, standards-based Web-based service architecture, which means that users can access a variety of data-related services through the Portal. These services will be distributed, in that they can run on different machines and access data from different data sources. The architecture will be based on international specifications, which allow for interoperability of data formats and data processes through standard interfaces.

Work on the GeoPortal to date has been through an inter-sectoral working group within NCR which has been chaired by the Canadian Hydrographic Service (CHS). CHS is an active participant in the development of the Canadian Geospatial Data Infrastructure (CGDI) through its role with the Marine Advisory Node of GeoConnections. This node has a mandate to develop the Marine Geospatial Data Infrastructure (MGDI); the DFO GeoPortal is the first national effort and could result in being the foundation for the MGDI.

Résumé: Dans de nombreux organismes, dont le MPO, il est difficile de partager l'information géospatiale pour diverses raisons technologiques et organisationnelles. Il en résulte un important dédoublement du travail d'acquisition et de conversion des mêmes données pour différentes plates-formes technologiques. Le GéoPortail comprend deux éléments principaux : une infrastructure géospatiale pour la découverte et l'intégration de l'information, et une interface utilisateur permettant l'accès aux services fournis par le truchement de l'infrastructure et des fonctions d'affichage spatial.

Le GéoPortail vise également à faciliter l'inclusion de contenus et de services géospatiaux dans les portails de collectivités (ou de sujets). Un portail de collectivités peut être défini comme un portail qui répond aux besoins d'une collectivité spécifique (équipes d'inventaire des données, de gestion de l'habitat, des services maritimes, etc.). Le GéoPortail sera utilisé par les développeurs de portails de collectivités pour cibler des contenus et des services géospatiaux spécifiques à inclure dans leur propre portail.

Le GéoPortail repose sur une architecture ouverte standard de services axés sur le Web, ce qui signifie que les utilisateurs peuvent accéder à toute une gamme de services liés aux données par le biais du

portail. Ces services seront distribués, c'est-à-dire qu'ils pourront fonctionner sur différentes machines et permettront d'accéder aux données de différentes sources. L'architecture sera conforme à des spécifications internationales, ce qui assurera l'interopérabilité des formats et des traitements de données par le biais d'interfaces standard.

Jusqu'à maintenant, les travaux sur le GéoPortail ont été effectués par un groupe de travail intersectoriel de la RCN présidé par le Service hydrographique du Canada (SHC). Le SHC participe activement à l'élaboration de l'Infrastructure canadienne des données géospatiales (ICDG) dans le cadre de ses fonctions au sein du Noyau du réseau consultatif marin de GéoConnexions. Ce noyau a pour mandat d'élaborer l'Infrastructure de données géospatiales maritimes (IDGM). Le GéoPortail du MPO est le premier effort national à être réalisé et il pourrait constituer la base de l'IDGM.

Fish productivity and habitat productive capacity: definitions, indices, units of field measurement, and a need for standardized terminology/ Productivité du poisson et capacité de production de l'habitat : définitions, indices, unités de mesure sur le terrain et le besoin de normaliser la terminologie.

R.G. Randall, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4496 Fax: (905) 336-6437 E-mail: RandallR@dfo-mpo.gc.ca / R. G. Randall, Pêches et Océans Canada, Région du centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4496 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : RandallR@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Effective aquatic resource conservation involves the management of fish populations and their habitat. Differences between habitat and fisheries science in the use of terms like productivity and productive capacity are highlighted to emphasize that a common terminology should be adopted. Habitat evaluation should occur, implicitly or explicitly, at a spatial scale that encompasses entire fish populations. Knowledge of the population level spatial scale is poorly known in most instances but the spatial scale of most referrals is likely smaller than the population scale. This mismatch is a challenge for science. Productive capacity is a characteristic of fish habitat, while productivity is a characteristic of populations. The concepts and measurement units of fish production (kg ha^{-1} yr^{-1}), productivity (survival, e.g., recruits per spawner) and habitat productive capacity (kg ha^{-1}) are defined and explained in a manner that bridges both habitat and fisheries science. Fish production is measured for fisheries assessment of individual populations, but it is usually not measured for habitat management. Rather, biological indices of production (density, biomass, richness, IBI, HPI) and physical habitat surrogates (area, cover, substrate, depth, pools, riffles, Defensible Methods) of productive capacity are used. The indices and surrogates can apply to species, assemblages or whole communities; the latter is paramount for resource management as maintaining natural biodiversity is a primary mandate of Fisheries and Oceans Canada. Habitat biologists must be mindful of the limitations and implied assumptions when indices or surrogates are used to assess the productive capacity of fish habitat. Research to provide science support for habitat and fisheries management is mutually beneficial, and the objectives often overlap. The Canadian Science Advisory Secretariat (CSAS) publication series provides a national forum for reporting both science and management advisories, and highlights the parallels between habitat and fisheries science.

Résumé: La conservation efficace des ressources aquatiques repose sur la gestion des populations de poisson et de leurs habitats. Nous mettons en évidence les emplois différents que font les scientifiques de l'habitat et les halieutistes de termes comme productivité et capacité de production afin d'insister sur le besoin d'uniformiser la terminologie. On devrait évaluer les habitats, de façon implicite ou explicite, à une échelle spatiale qui englobe les populations entières de poisson. Dans la plupart des cas, l'étendue spatiale des populations est méconnue, mais elle est sans doute plus grande que l'échelle spatiale de la plupart des évaluations de projets renvoyés. Cet écart constitue un défi pour les scientifiques. La capacité de production est une caractéristique de l'habitat du poisson, tandis que la productivité est une caractéristique des populations. Nous définissons et expliquons les notions et unités de mesure de production du poisson (kg ha^{-1} an^{-1}), de productivité (survie, p. ex. recrues par géniteur) et de capacité de

production de l'habitat (kg ha^{-1}) de façon à concilier la science de l'habitat et la science halieutique. On mesure la production du poisson pour l'évaluation halieutique de populations individuelles, mais habituellement pas pour la gestion de l'habitat. On se sert plutôt d'indices biologiques de la production (densité, biomasse, richesse, indice d'intégrité biologique et indice de productivité de l'habitat) ainsi que de mesures de l'habitat physique (superficie, couvert, substrat, profondeur, fosses, radiers et méthodes défendables) comme variables substitutives de la capacité de production. Les indices et les variables substitutives peuvent s'appliquer à des espèces, à des assemblages d'espèces ou à des communautés entières. Les mesures caractérisant des communautés entières sont primordiales pour la gestion des ressources étant donné que le maintien de la biodiversité naturelle constitue une responsabilité fondamentale de Pêches et Océans Canada. Les biologistes de l'habitat doivent être conscients des limites et des postulats implicites lorsqu'ils utilisent des indices ou des variables substitutives pour évaluer la capacité de production de l'habitat du poisson. La recherche scientifique soutenant la gestion de l'habitat et celle soutenant la gestion des pêches sont mutuellement avantageuses, et leurs objectifs se recoupent souvent. La série de publications du Secrétariat canadien de consultation scientifique (SCCS) constitue une tribune nationale pour la communication d'avis scientifiques et d'avis sur la gestion et fait ressortir les liens entre la science de l'habitat et la science halieutique.

"Sentinels" of the St. Lawrence Gulf: Fishermen implications in groundfish stock assessments/ Les « sentinels » du Golfe du Saintt-Laurent : participation des pêcheurs aux evaluations de stocks.

Amélie Rondeau, Fisheries and Oceans Canada, Gulf Region, Gulf Fisheries Centre, 343 University Avenue, Moncton, New Brunswick E1C 9B6 Tel.: (506) 851-2535 E-mail: RondeauA@dfo-mpo.gc.ca / Amélie Rondeau, Pêches et Océans Canada, Région du Golfe, 343, avenue Université, Moncton (Nouveau-Brunswick) E1C 9B6 Tél. : (506) 851-2535 Courriel : RondeauA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Sentinel surveys program was created after moratoria were imposed on several Atlantic groundfish stocks. The main objective of this program was, and still is, to compensate for the lack of data on the status of groundfish stocks given the reduced commercial fishing activities. Data were collected with commercial fishing boats, combining fishermen's knowledge and DFO's expertise in fisheries resource assessment. Each one of the four regions of Atlantic Canada is responsible for its own sentinel surveys project.

Sentinel surveys began in 1994 in the southern Gulf of St. Lawrence (4T division), using both fixed (longlines and gillnets) and mobile (trawls and seines) fishing gear, at specific sites. Following a strict scientific protocol, various information was collected during each fishing activity. After data are then used in the 4T cod stock assessment as well as in other groundfish stocks assessments.

The collaboration of industry and science within the sentinel program is a true success story. Communication between groundfish fishermen communities and DFO scientists has improved substantially as a result of the program. However, this valuable partnership is currently being reviewed and its fate is unknown.

Résumé: Un programme de relevés sentinelles a été mis sur pied lors de l'imposition du moratoire sur la pêche de plusieurs espèces de poisson de fond de la côte atlantique. Ce programme, toujours en vigueur aujourd'hui, vise à palier au manque de données sur l'état de divers stocks de poisson de fond suite à la réduction des activités de pêche commerciale. La collecte des données est effectuée à l'aide de bateaux de pêche commerciale jumelant ainsi le savoir des pêcheurs à l'expertise des scientifiques du MPO dans l'évaluation des ressources halieutiques. Chacune des quatre régions du Canada atlantique gère ses propres projets de relevés sentinelles.

Dans le sud du Golfe du Saint-Laurent (division 4T), des relevés sentinelles sont effectués depuis 1994 à l'aide d'engins de pêche fixes (palangres et filets maillants) et mobiles (chaluts et sennes), à des sites définis. Plusieurs informations sont recueillies lors de chaque activité de pêche suivant un protocole

scientifique strict. Les données obtenues sont analysées et utilisées dans l'évaluation du stock de morue de 4T ainsi que dans l'évaluation d'autres stocks de poisson de fond.

L'association industrie – science de ce programme constitue un franc succès pour tous. La communication entre les communautés de pêcheurs de poisson de fond et les scientifiques du MPO s'est amélioré de façon significative via le programme. Reste à savoir ce que l'avenir réserve à cet important partenariat actuellement en processus de révision.

Riverine habitat classification in Newfoundland and approaches to measurement of habitat productive capacity, and/or surrogates, for stream salmonids/ Classification des habitats fluviaux de Terre-Neuve et méthodes de mesure de la capacité de production des habitats et/ou de substituts pour les salmonidés.

David Scruton, Fisheries and Oceans Canada, Newfoundland Region, North Atlantic Fisheries Centre, St. John's, Newfoundland A1C 5X1 Tel.: (709) 772-2007 Fax: (709) 772-5315 E-mail: ScrutonD@dfo-mpo.gc.ca / Dave Scruton, Pêches et Océans Canada, Région de Terre-Neuve, Centre des pêches de l'Atlantique Nord, St. John's (Terre-Neuve) A1C 5X1 Tél. : (709) 772-2007 Téléc. : (709) 772-5315 Courriel : ScrutonD@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: In Newfoundland, the classification of stream habitat has evolved from a macro-habitat approach (the Beak habitat classification system, circa 1979) to a tiered approach embracing macro-habitat, meso-habitat (e.g., run, riffles, pool, etc.), and microhabitat (e.g., depth, velocity, substrate) scales. These habitat classification strata will be discussed in the context of methods to identify and measure physical habitat attributes towards quantification of habitat. Various techniques to relate fish metrics to habitat including quantitative electrofishing, one pass electrofishing, snorkling transects, and development of microhabitat criteria (i.e. habitat suitability indices) will be compared and contrasted. The strengths and limitations of one and two-dimensional habitat hydraulic modelling will be presented as a tool that in wide spread use to examine effect of flow changes on habitat productive capacity.

Résumé: À Terre-Neuve, la classification des habitats fluviaux est passée d'une approche axée sur les macrohabitats (le système de classification des habitats Beak, vers 1979, à une approche à plusieurs échelles, soit celles du macrohabitat, du mésohabitat (p. ex., rapides, maigres, fosses, etc.) et du microhabitat (p. ex., profondeur, vitesse du courant et substrat). Nous discuterons de ces niveaux de classification des habitats dans le contexte des méthodes d'identification et de mesure des attributs physiques de l'habitat visant à quantifier celui-ci. Nous comparerons diverses techniques permettant de relier des mesures ichtyologiques à l'habitat, notamment la pêche électrique quantitative, la pêche électrique à un seul passage, des transects de nage en apnée et l'élaboration de critères de microhabitat (c.-à-d. des indices de qualité de l'habitat). Nous présenterons les avantages et les limites de la modélisation hydraulique de l'habitat à une ou à deux dimensions, laquelle pourrait être largement utilisée pour étudier l'effet des modifications de l'écoulement sur la capacité de production de l'habitat.

Incorporating uncertainty into the selection of Great Lakes tributaries for lampricide application/ Inclusion de l'incertitude dans le classement des tributaires des Grands Lacs par ordre de priorité pour l'application de lampricide.

Todd B. Steeves and Robert J. Young, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Sea Lamprey Control Centre, 1 Canal Drive, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 6W4 Tel.: (705) 941-3012 Fax: (705) 941-3025 E-mail: SteevesT@dfo-mpo.gc.ca *and* Michael L. Jones, Michigan State University, Department of Fisheries and Wildlife, East Lansing, Michigan, 48824, United States / Todd B. Steeves et Robert J. Young, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Centre de contrôle de la lamproie de mer, 1, promenade du Canal, Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 6W4 Tél. : (705) 941-3012 Téléc. : (705) 941-3025 Courriel : SteevesT@dfo-mpo.gc.ca *et* Michael L. Jones,Université de Michigan State, Department of Fisheries and Wildlife, East Lansing (Michigan) 48824 États-Unis

Abstract: We used Monte Carlo simulation techniques to quantify and propagate the sources of uncertainty in model estimates of larval and metamorphosed lamprey abundance, both within and among Great Lakes tributaries. We identified the model components where a reduction in variability would most improve the precision of the overall abundance estimates. We used a decision-analysis approach to illustrate one technique for incorporating these uncertainties into the stream selection process. Our results illustrate potentially significant differences between deterministic and stochastic models for stream selection. In addition, these results have implications for the optimal selection of streams and achieving sea lamprey and fishery management goals in the Great Lakes.

Résumé: Nous avons utilisé des techniques de simulation de Monte Carlo pour quantifier et propager les incertitudes des résultats d'un modèle d'estimation de l'abondance des lamproies à l'état larvaire ou adulte, à la fois au sein d'un tributaire et à l'échelle de l'ensemble des tributaires des Grands Lacs. Nous avons cerné les principales composantes du modèle pour lesquelles une réduction de la variabilité améliorerait la précision des estimations de l'abondance globale. Nous avons appliqué une approche d'analyse décisionnelle pour illustrer une technique d'inclusion de ces incertitudes dans le processus de sélection des cours d'eau. Nos résultats font ressortir des différences potentiellement importantes entre les modèles déterministes et stochastiques de sélection. Ils ont des implications pour la sélection optimale des cours d'eau traités et l'atteinte des objectifs de contrôle de la lamproie de mer ainsi que de gestion de la pêche dans les Grands Lacs.

Strategic funding in Environmental Science/ Financement stratégique en sciences de l'environnement.

Mike Stoneman, Fisheries and Oceans Canada, National Capitol Region, Environmental Science Branch, 200 Kent Street, Ottawa, Ontario K1A 0E6 Tel.: (613) 990-9046 Fax: (613) 998-3329 E-mail: StonemanM@dfo-mpo.gc.ca / Mike Stoneman, Pêches et Océans Canada, Région de la capitale nationale, Direction des sciences de l'environnement, 200, rue Kent, Ottawa (Ontario) K1A 0E6 Tél. : (613) 990-9046 Téléc. : (613) 998-3329 Courriel : StonemanM@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Environmental Science Strategic Research Fund (ESSRF) is a nationally managed, Headquarters coordinated fund. It was created in order to address the Environmental Science Program's mandate to provide scientific knowledge and advice on the conservation and protection of marine and freshwater ecosystems through research and understanding of:

- the capacity of fish habitats to sustain the production of fish; and
- the physical, chemical and biological impacts of human activities on the environment.

Between 1997-98 and 2001-02, the ESSRF allocated approximately $21 million to DFO scientists, to fund research projects aimed at high priority issues. A set of research priorities was drafted in consultation with the Regions and partners within DFO. Each year, scientists submitted research proposals which addressed the priority issues. A technical review panel assessed the scientific merit of proposals to provide guidance to the National Coordinating Committee of the Environmental Science Program (NCC-ESP). The NCC-ESP, is made up of Regional and Headquarters Environmental Science staff, as well as representatives from Habitat Management, Oceans Management, and the Office for Sustainable Aquaculture. Taking into consideration the technical review recommendations, as well as Regional pressures and client needs, the NCC-ESP selected projects to recommend for funding. Each year, approximately $1.5 million was available to new projects in the coming fiscal year, out of an annual budget of approximately $4.5 million.

The history of ESSRF-funded research illustrates the changing nature of environmental issues, as new pressures arise and new threats become apparent. This poster discusses the shifts in the types of research funded over the five-year period.

Résumé: Le Fonds de recherche stratégique en sciences environnementales (FRSSE) est un fonds national coordonné par l'Administration centrale. Il a été créé afin de remplir le mandat du Programme des sciences de l'environnement qui consiste à fournir des connaissances et des conseils scientifiques sur la

conservation et la protection des écosystèmes aquatiques (d'eau salée ou douce) en s'appuyant sur la recherche et la compréhension des éléments suivants :

- la capacité des habitats halieutiques de soutenir la production de poissons; et
- les impacts physiques, chimiques et biologiques des activités humaines sur l'environnement.

Entre 1997-1998 et 2001-2002, le FRSSE a accordé environ 21 millions de dollars aux chercheurs du MPO afin de financer des projets de recherche axés sur des questions hautement prioritaires. Une liste de priorités en matière de recherche a été préparée en collaboration avec le personnel des régions et d'autres partenaires au sein du MPO. Chaque année, les chercheurs ont soumis des projets de recherche qui portaient sur ces questions prioritaires. Une équipe d'examen technique en a évalué le mérite scientifique afin de conseiller le Comité national de coordination pour le Programme des sciences de l'environnement (CNCPSE). Ce comité est constitué d'employés des équipes des Sciences de l'environnement de l'Administration centrale et des régions, de même que de représentants des équipes de Gestion de l'habitat, de Gestion des océans et du Bureau de l'aquaculture durable. Le CNCPSE a sélectionné les projets dont le financement devrait être recommandé en tenant compte de l'avis de l'équipe d'examen technique, des demandes des régions et des besoins des clients. Chaque année, environ 1,5 million de dollars, sur un budget annuel de 4,5 millions environ, ont été mis à la disposition de nouveaux projets pour l'année financière suivante.

La liste des recherches financées par le FRSSE illustre la variabilité des questions environnementales; au fil du temps, de nouvelles inquiétudes sont soulevées et de nouvelles menaces apparaissent. Cette affiche présente les changements quant aux types des recherches financées au cours de la période de cinq ans.

In vitro biotransformation of perfluorooctane sulfonamide (FOSA) and ethyl perfluorooctane sulfonamide (N-EtFOSA) by rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) liver microsomes/ Biotransformation in vitro du perfluoro-octanesulfonamide (FOSA) et du N-éthylperfluoro-octanesulfonamide (N-EtFOSA) dans les microsomes hépatiques chez la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*).

Gregg T. Tomy[1,2], Sheryl A. Tittlemier[3], Vince P. Palace[1,4], Eric Braekevelt[1], Wes R. Budakowski[1], Benjamin P.-Y. Lau[3], Geoff Eales[4], James C. Plohman[4]. [1] Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Freshwater Institute, 501 University Crescent, Winnipeg, Manitoba R3T 2N6 Tel.: (204) 983-5167 Fax: (204) 98 4-2403 E-mail: TomyG@dfo-mpo.gc.ca; [2] University of Manitoba, Department of Chemistry, Winnipeg, Manitoba; [3] Health Canada, Food Research Division, Ottawa, Ontario; [4] University of Manitoba, Department of Zoology, Winnipeg, Manitoba / Gregg T. Tomy[1,2], Sheryl A. Tittlemier[3], Vince P. Palace[1,4], Eric Braekevelt[1], Wes R. Budakowski[1], Benjamin P.-Y. Lau[3], Geoff Eales[4], James C. Plohman[4], [1] Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Institut des eaux douces, 501, croissant University, Winnipeg (Manitoba) R3T 2N6 Tél. : (204) 98 3-5167 Téléc. : (204) 98 4-2403 Courriel : TomyG@dfo-mpo.gc.ca;,[2] Université du Manitoba, Département de chimie, Winnipeg (Manitoba); [3] Santé Canada, Division de la recherche sur les aliments Ottawa (Ontario); et [4] Université du Manitoba, Département de zoologie, Winnipeg (Manitoba)

Abstract: Rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) liver microsomes were incubated with two perfluorosulfonamides, perfluorooctane sulfonamide (FOSA, $C_8F_{17}SO_2NH_2$) and n-ethyl perfluorooctanesulfonamide [N-EtFOSA, $C_8F_{17}SO_2NH(C_2H_5)$], to examine the possibility of in vitro biotransformation to perfluorooctane sulfonate (PFOS, $C_8F_{17}SO_3^-$). Trout liver microsomes were exposed to each perfluorosulfonamide separately at 8°C. Aliquots of microsomes were taken after incubation periods of 1, 2, 8, 18, 24 and 30 hours and analyzed for PFOS. PFOS was detected in all of the microsome aliquots sampled. The concentration of PFOS increased in the aliquots over time, suggesting a conversion of FOSA and N-EtFOSA to PFOS. This conversion appeared to be a pseudo-first order kinetic reaction. The rate constant of formation (k_f) of PFOS for the FOSA → PFOS pathway, was 0.094 h^{-1}, much faster than that for N-EtFOSA → PFOS (k_f = 0.17 h^{-1}). Alternatively, this can be expressed as the rate at which the parent compound was transformed to PFOS. For FOSA, the mean transformation

rate (t_r) to PFOS over the first 30 hours was 382 ± 151 pg FOSA/mg microsomal protein/h, and for N-EtFOSA, t_r was 36.3 ± 28 pg N-EtFOSA/mg microsomal protein/h. These findings represent the first report indicating a possible biotransformation of perfluorosulfonamides to PFOS in fish and may help to explain the detection of PFOS in remote regions.

Résumé: Des microsomes hépatiques de la truite arc-en-ciel (*Onchorhynchus mykiss*) ont été incubés avec deux perfluorosulfonamides, soit le perfluoro-octanesulfonamide (FOSA, $C_8F_{17}SO_2NH_2$) et le N-éthylperfluoro-octanesulfonamide [N-EtFOSA, $C_8F_{17}SO_2NH(C_2H_5)$], afin d'examiner la possibilité de leur biotransformation in vitro en perfluoro-octanesulfonate (PFOS, $C_8F_{17}SO_3^-$). Des microsomes hépatiques de truite arc-en-ciel ont été exposés séparément à chacun des perfluorosulfonamides à 8 °C. On a prélevé des portions de microsomes après des périodes d'incubation de 1, 2, 8, 18, 24 et 30 heures, dans lesquelles on a ensuite dosé le PFOS. Du PFOS a été décelé dans toutes les portions de microsomes prélevées. La concentration de PFOS a augmenté avec le temps, ce qui permet de penser qu'il y a conversion du FOSA et du N-EtFOSA en PFOS. Cette conversion semble être une réaction de cinétique de pseudo-premier ordre. La constante de vitesse de formation (k_f) du PFOS par la réaction FOSA → PFOS était de 0,094 h^{-1}; cette réaction est donc beaucoup plus rapide que la réaction N-EtFOSA → PFOS (k_f = 0.17 h^{-1}). On peut également exprimer cette conversion en termes de la vitesse à laquelle le composé d'origine est transformé en PFOS. En ce qui concerne le FOSA, la vitesse moyenne de transformation (t_r) en PFOS pendant les trente premières heures était de 382 ± 151 pg FOSA/mg protéine microsomale/h; pour le N-EtFOSA, t_r était de 36,3 ± 28 pg N-EtFOSA/mg protéine microsomale/h. Ces résultats sont les premiers à indiquer la possibilité d'une biotransformation des perfluorosulfonamides en PFOS chez le poisson et permettent d'expliquer la détection de PFOS en régions éloignées.

Demonstration of multibeam technology/ Démonstration d'une technologie multifaisceau. Paola Travaglini, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Canadian Hydrographic Service, 867 Lakeshore Road, Burlington, Ontario L7R 4A6 Tel.: (905) 336-4558 Fax: (905) 336-8919 E-mail: TravagliniP@dfo-mpo.gc.ca / Paola Travaglini, Pêches et Océans Canada, Régions Centre et Arctique, Service hydrographique du Canada, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 336-4558 Téléc. : (905) 336-8919 Courriel : TravagliniP@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Canadian Hydrographic Service, Central and Arctic Region, has been conducting multibeam surveys since 1996. Multibeam technology is a very effective mapping tool and has been successfully applied to hydrographic charting, granular resource assessment, supplying basemaps for habitat mapping, sediment transport mapping, ice scour mapping, and seabed geohazard assessment. A few of the more interesting surveys will be on display in a 3-D interactive mode. A computer monitor accompanied by 3-D glasses and a projection screen and allow participants to "fly-though" the data sets. An overview of the technology used will also be available.

Résumé: Le Service hydrographique du Canada, Région du Centre et de l'Arctique, exécute des levés multifaisceaux depuis 1996. La technologie multifaisceau est très efficace en cartographie; on y a eu recours pour dresser des cartes hydrographiques, évaluer les ressources en granulats, fournir des fonds de carte pour cartographier les habitats, le transport des sédiments et les affouillements par la glace ainsi qu'évaluer les risques liés à la géologie du fond marin. Quelques-uns des levés les plus intéressants seront présentés en mode interactif 3-D. Grâce à un écran d'ordinateur visionné avec des verres 3-D et un écran de projection, les participants pourront prendre connaissance des ensembles de données. Il sera également possible d'avoir un survol de la technologie utilisée.

Dealing with growing pains: An introduction to data warehousing/ Une solution à un problème de croissance : l'entrepôt de données. Tanya Trivedi and Aaron Carswell, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences, 867 Lakeshore Road, P.O. Box 5050, Burlington, Ontario L7R 4A6, Tel.: (905) 319-6984 *or* (905) 336-4490, Fax: (905) 336-6437 E-mail: TrivediT@dfo-mpo.gc.ca *or* CarswellA@dfo-

mpo.gc.ca / Tanya Trivedi et Aaron Carswell, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques, 867, chemin Lakeshore, C.P. 5050, Burlington (Ontario) L7R 4A6 Tél. : (905) 319-6984 *ou* (905) 336-4490 Téléc. : (905) 336-6437 Courriel : TrivediT@dfo-mpo.gc.ca *ou* CarswellA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: To remain competitive in today's business climate, an organization needs a solid foundation of quality data. Research institutions such as the Great Lakes Laboratory for Fisheries and Aquatic Sciences (GLLFAS) need this capability as much as Fortune 500 companies. To give our research scientists and managers of freshwater, environmental and fish habitats the "edge", we at GLLFAS, like many other research institutions, have turned to data warehousing. Data warehousing is seen in both the corporate and research world as the *de facto* source of quality data for tactical and strategic decision-making because it consolidates many distinct datasets; provides security, easy and fast access, and increased reliability; and adheres to strict standards.

Building a data warehouse is extremely complex and takes commitment from the science data management branch, upper management and the clients of the institution. It takes planning, hard work, dedication and time to create a relational database management system that delivers the right data to the right user. In this poster, we share the lessons learned from the Fisheries and Oceans Canada-Great Lakes Science Data Centre's data warehousing experiences in our inaugural year. We present the history of the data policy and the emergence of the Fisheries and Oceans Canada-Great Lakes Science Data Centre. We introduce the data warehousing life cycle, explain the benefits of data warehousing and the challenges we have faced thus far in implementing a data warehouse at GLLFAS.

Introduction

Data warehousing is not new, at least not in the corporate world. The concept of data warehousing began in the early 1990s and many large corporations (e.g., IBM, Motorola, United Airlines) have benefited greatly from data warehousing.

The sad truth is that despite the availability of more and more powerful computers on everyone's desk and communication networks that span the globe, large numbers of decision-makers can't get their hands on critical information that already exists in the organization.

All of this raw information, also called data, accumulates in filing cabinets, boxes and in various computer programs. This becomes a problem of too much data and too little organized information and knowledge.

Integration of different data sets is difficult generally because there is no adherence to a standard data format, standard nomenclature or parameter names. Basically, multiple users have multiple formats. This approach to data management assumes the end users have to spend time on managing the data in spreadsheets, files and databases. Given the choice, most users would find it more efficient to focus on the actual analysis and tools available to them.

What is data warehousing?

Before defining data warehouses, it is necessary to define what a database (a term often easily interchanged with data warehousing) is. A database is an electronic collection of data or facts. Some non-computer databases include phone books or library card catalogues. Databases must be organized in a logical manner to be useful. Imagine a phone book with phone numbers listed randomly.

A data warehouse is "a subject-oriented, integrated, time-variant and non-volatile collection of data in support of management's decision making process" (Inmon, 1996).

Subject-oriented → Data that give information about a particular subject instead of about a company's ongoing operations
Integrated → Data that are gathered into a data warehouse from a variety of sources and merged into a coherent whole

Time → All data in the warehouse are identified with a particular time period
Non-volatile → Data are stable in a data warehouse. More data are added but NEVER removed. This enables management to gain a consistent picture of the business.

The Beginnings – The Vision – The Mission

The Fisheries and Oceans-Great Lakes Science Data Centre owes its existence to the Management Policy for Scientific Data issued on July 9, 2001 by John Davis, then DFO's Assistant Deputy Minister, Science. The intent of the policy is to "safeguard the present and future holdings of scientific data, to strengthen the promotion of data interconnectivity, to maximize the usefulness of existing data through standards, and to determine cost-effective ways to manage data holdings".

In 2000, a survey was conducted to identify data holdings of scientific staff in the Central and Arctic Region and an assessment of the risk of loss of each data set was made. Data sets were then prioritized based on the risk-analysis and thus "Data Rescue Projects" were established.

In August 2001, the Fisheries and Oceans-Great Lakes Science Data Centre was formed which is comprised of one Data Manager and a Data Analyst.

Our Vision

Ensuring our scientific legacy

Our Mission

The Fisheries and Ocean-Great lakes Science Data Centre is committed to implementing DFO's Science data management policy through the creation of accessible, consistent and secure scientific data warehouses. These data warehouses provide scientific staff with the means to build support systems for the achievement of freshwater, environmental and fish habitat protection and conservation.

The basic elements of a data warehouse (Fig. 1):

- Data in their various forms get processed (i.e., standard units and parameter names, removal of duplicates, etc.)
- Loaded into the warehouse (think of it as a grocery warehouse…items placed in organized shelves)
- Data later get distributed to various data marts (*definition*: data marts focus on one subject area or one group of users…think of it like a speciality grocery store)
- The data marts are then queried using various query tools by clients/users whose outputs could include maps, reports, statistics, graphs, etc.

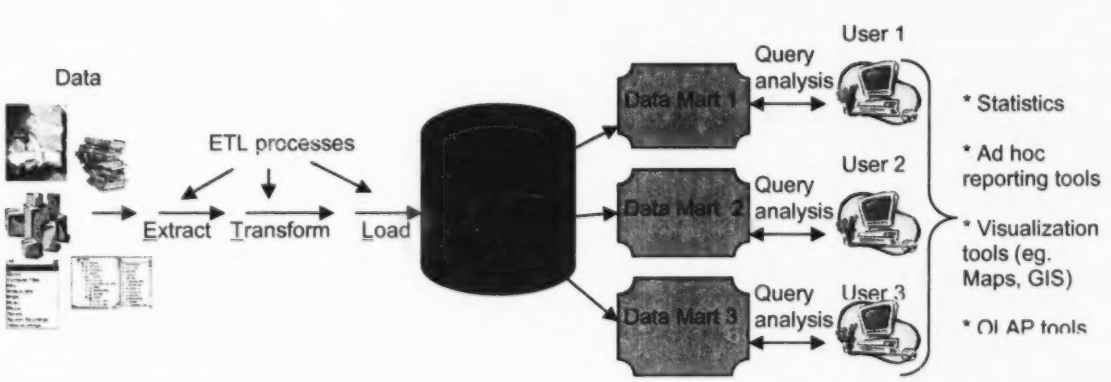


Figure 1. The basic elements of a data warehouse

Time → All data in the warehouse are identified with a particular time period
Non-volatile → Data are stable in a data warehouse. More data are added but NEVER removed. This enables management to gain a consistent picture of the business.

The Beginnings – The Vision – The Mission

The Fisheries and Oceans-Great Lakes Science Data Centre owes its existence to the Management Policy for Scientific Data issued on July 9, 2001 by John Davis, then DFO's Assistant Deputy Minister, Science. The intent of the policy is to "safeguard the present and future holdings of scientific data, to strengthen the promotion of data interconnectivity, to maximize the usefulness of existing data through standards, and to determine cost-effective ways to manage data holdings".

In 2000, a survey was conducted to identify data holdings of scientific staff in the Central and Arctic Region and an assessment of the risk of loss of each data set was made. Data sets were then prioritized based on the risk-analysis and thus "Data Rescue Projects" were established.

In August 2001, the Fisheries and Oceans-Great Lakes Science Data Centre was formed which is comprised of one Data Manager and a Data Analyst.

Our Vision

Ensuring our scientific legacy

Our Mission

The Fisheries and Ocean-Great lakes Science Data Centre is committed to implementing DFO's Science data management policy through the creation of accessible, consistent and secure scientific data warehouses. These data warehouses provide scientific staff with the means to build support systems for the achievement of freshwater, environmental and fish habitat protection and conservation.

The basic elements of a data warehouse (Fig. 1):

- Data in their various forms get processed (i.e., standard units and parameter names, removal of duplicates, etc.)
- Loaded into the warehouse (think of it as a grocery warehouse…items placed in organized shelves)
- Data later get distributed to various data marts (*definition*: data marts focus on one subject area or one group of users…think of it like a speciality grocery store)
- The data marts are then queried using various query tools by clients/users whose outputs could include maps, reports, statistics, graphs, etc.

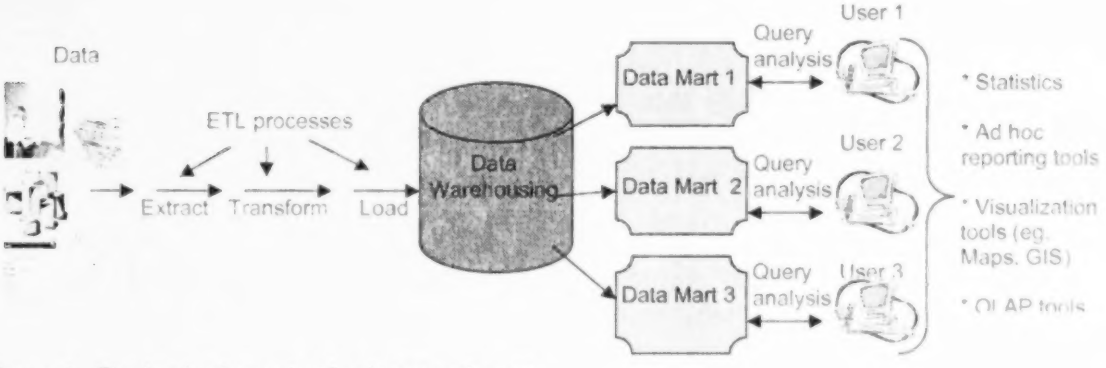


Figure 1. The basic elements of a data warehouse

Business Dimensional Lifecycle (Fig. 2):

However, the overall lifecycle approach to data warehousing implementation requires the dedication of many different parties. These include the technical support staff, the core project team, and the client/user in order for the data warehousing project to be successful.
The lifecycle starts with:

- A *project planning strategic meeting* of all parties involved to define tasks, goals, duration, readiness assessment and business justification.
- *Business requirements* are gathered through a number of interviews with clients. This includes a detailed step-by-step outline of how the clients business is conducted. To establish standard data formats and parameter names. Also establish end-user requirements.
- *Dimensional modelling* and *Physical design* include mind-mapping (visual layout) of the client's business procedures, which ultimately leads to the creation of the data model. Then, there is testing of the data model.
- Data goes through *ETL processes* – extract, transform, load
- At the same time, technical support staff work on the *integration* of numerous technologies (hardware, software). That includes *installation* of a hardware platform, installation and evaluation of software products and product testing.
- *End-user application development* is based on previous business requirement interviews
- Ultimately, *deployment of product* to user and ongoing maintenance and growth of the data warehouse.

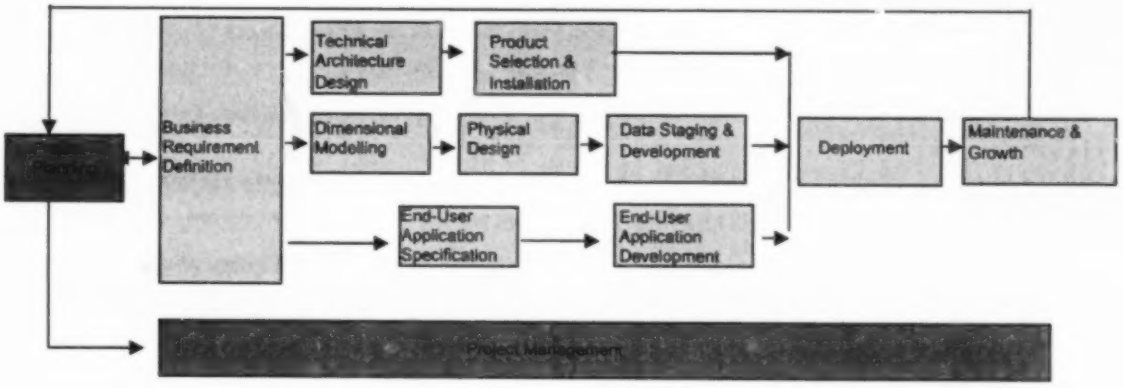


Figure 2. The business dimensional lifecycle to data warehousing (Kimball, 1998, pg.31-40).

Why data warehousing?

Benefit	Explanation	Reason to do (Outcome)
Simplicity	One standard data format (e.g., all data converted to centimetres) and in one central location	Less mistakes and saves time
Better Quality Data	Fixing errors in data is done easily due to query tools	Analyses on faulty data lead to wrong decisions
Fast Access	Do not have to wait for Information System department or wait for other holders of data to give you the data…users are able to find	Data warehouse is integrated and well-organized, it allows for speedy access to information

	the information quicker because it is in one place and can query the warehouse for themselves	
Easy to Use	Intended to be used by people without much in the way of computer skills	Users more free to explore and to look at data in different ways. Also can spot trends or problems easier. See big picture. Can also perform meta-analyses.
More Computing Power	More raw computer power brought to user's hands. Can use higher level software (e.g., Oracle) to do queries	Able to ask more highly defined questions of data. Security of data is high with higher end software.
Gives Competitive Advantage	Since users have better access to corporate knowledge, they can do jobs more effectively.	Makes company better understand the environment and thus can respond quickly and accurately to changing environmental conditions.

Top ten lessons we learned:

10. It's hard being the new kid on the block
9. Money doesn't grow on trees (funding is hard to come by)
8. It takes longer than you think
7. Communication 101 is required
6. Documentation is essential
5. Intuitiveness is worth the effort
4. Data warehouse development is an iterative process
3. Client/User participation IS necessary
2. Communication 201 is highly recommended
1. It ain't over, til it's over and.....it ain't EVER OVER

Obstacles to overcome:

10. Acceptance takes time – #7 and #2 (stated above) are the keys to getting ourselves known.
9. A functional data warehouse takes time to build and personnel costs must be factored in, as well as up-to-date technology in which security of the data is one of the key aspects of development. Data must be moved or copied from existing records and converted into a common format, sometimes manually, which drives up costs. Developers and users need ongoing training in order to leverage the technology which adds to the price tag.
8. Building a data warehouse is a complex process (each data warehouse must be custom built for each client/users needs) and obviously takes time. Most data warehouses take two to three years to get up and running. Since results are not immediate, maintaining executive sponsorship and enthusiasm for this extended period can be a tricky proposition and developers often spend inordinate amounts of time justifying and rejustifying the need for a data warehouse.
7. Someone must be able to talk in 'functional' and 'technical' language in order to communicate with data warehouse users and data warehouse builders
6. Set aside the time and make the effort…it becomes lessons learned for new data warehouses
5. Understand the users and adjust the warehouse and data marts to meet users' expectations. It is not truly possible to understand all requirements of the data warehouse until explored by users. As time goes by, new questions may arise requiring new data or methods of accessing the data warehouse.

4. Do not expect a complete model the first time around. Accept modifications as proof the warehouse is being used or appreciated
3. For a successful data warehouse, user participation is necessary. If the data warehouse does not give users what they need and want, it is useless.
2. Create ways to continually communicate with warehouse users (e.g., newsletters, email, intranet site, posters, business plans)
1. Accept responsibilities of ongoing maintenance, changes, training...That's why it was built. The warehouse is always growing and the data warehouse process is one of discovery. A thriving company will always be adding users and new data and asking questions.

Conclusion

With a data warehouse, clients/users would be better informed and could therefore make wiser and/or quicker decisions. With the ability to look at the big picture, users will be able to get a better feel for the organization (e.g., GLLFAS) and the information they produce (e.g., environmental conditions of the Great Lakes). Therefore, management will be able to analyze, plan and react to changing environmental conditions in a much more rapid fashion. Ultimately, data warehousing increases our knowledge.

References

Inmon, W. H. 1996. Building the Data Warehouse. John Wiley & Sons, Inc. 401 pp.
Kimball et al. 1998. The Data Warehouse Lifecycle Toolkit. John Wiley & Sons, Inc. 755pp.

Résumé: Afin de demeurer compétitive dans le climat des affaires actuel, une organisation doit posséder une base solide de données de qualité. Les établissements de recherche, tels que le Laboratoire des Grands Lacs pour les pêches et les sciences aquatiques (LGLPSA), en ont autant besoin que les 500 entreprises les plus importantes d'après la revue Fortune. Afin que ses chercheurs et gestionnaires soient à la fine pointe, le LGLPSA, comme de nombreux autres établissements de recherche, s'est tourné vers l'entreposage de données. Dans le monde de la recherche et celui des entreprises, l'entrepôt de données est perçu comme la source *de facto* de données de qualité pour la prise de décisions tactiques et stratégiques parce qu'il regroupe de nombreuses bases de données distinctes, offre une plus grande sécurité, un accès plus facile et rapide ainsi qu'une plus grande fiabilité et respecte des normes strictes.

L'élaboration d'un entrepôt de données est très complexe et nécessite l'engagement à la fois des responsables de la gestion des données scientifiques, de la haute direction et des clients de l'établissement. La création d'un système de gestion de bases de données relationnelles qui fournit les bonnes données au bon utilisateur requiert une bonne planification, un travail acharné, du dévouement et du temps. Sur cette affiche, nous faisons part des leçons tirées des essais d'entreposage de données effectués au centre de données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans Canada, au cours de notre première année d'existence. Nous présentons un historique de la politique sur les données et de la mise sur pied du centre. Nous présentons également le cycle de vie de l'entrepôt de données, expliquons ses avantages et indiquons les défis que nous avons dû relever jusqu'à maintenant pour sa mise en oeuvre au LGLPSA.

Introduction

Les entrepôts de données ne constituent pas une nouveauté, à tout le moins dans le monde de l'entreprise. Le concept d'entrepôt de données remonte au début des années 1990, et de nombreuses grandes sociétés (par exemple, IBM, Motorola, United Airlines) en ont grandement bénéficié.

La triste vérité, c'est que, malgré la disponibilité d'ordinateurs personnels de plus en plus puissants et de réseaux de communication qui couvrent le monde, un grand nombre de décideurs ne parviennent pas à obtenir les informations critiques dont ils auraient besoin et qui existent déjà au sein de l'organisation.

Toutes ces informations brutes, également appelées des données, s'accumulent dans des classeurs, des caisses et divers programmes informatiques. L'existence d'une trop grande quantité de données, alliée à la mauvaise organisation des informations et des connaissances, crée donc un problème.

L'intégration de différents ensembles de données s'avère en général difficile, à cause des différences dans le format des données, la nomenclature ou les noms des paramètres. Essentiellement, des utilisateurs multiples se servent de formats multiples. Cette approche de la gestion des données implique que l'utilisateur final doit consacrer du temps à gérer ses données dans des feuilles de calcul, des fichiers et des bases de données. S'ils avaient le choix, la plupart des utilisateurs trouveraient plus efficace de se concentrer sur l'analyse des données et sur les outils qui sont mis à leur disposition pour cela.

Qu'est-ce qu'un entrepôt de données?

Avant de définir le concept d'entrepôt de données, il est nécessaire de s'entendre sur ce qu'est une base de données (une expression souvent utilisée, à tort, pour désigner un entrepôt de données). Une base de données est un ensemble de données ou de faits, en format électronique. Il existe également des bases de données qui ne sont pas informatisées, par exemple, les annuaires téléphoniques ou les fichiers d'une bibliothèque. Pour pouvoir être utiles, les bases de données doivent être organisées de manière logique. Imaginez un annuaire téléphonique dans lequel les numéros de téléphones seraient inscrits au hasard.

Un entrepôt de données est « un ensemble de données axées sur un sujet, intégrées, variables dans le temps et rémanentes, utilisé à l'appui du processus décisionnel en gestion (Inmon, 1996).

Axées sur un sujet → Les données fournissent de l'information sur un sujet particulier plutôt que sur les activités courantes de l'entreprise;
Intégrées → Les données sont recueillies dans un entrepôt de données à partir de toute une variété de sources et fusionnées dans un tout cohérent;
Temps → Toutes les données de l'entrepôt de données correspondent à une période de temps particulière;
Rémanentes → Les données conservées dans un entrepôt de données sont stables. De nouvelles données viennent s'ajouter à l'entrepôt, mais elles n'en sont JAMAIS supprimées. Cela permet à la direction de se faire une image cohérente de l'entreprise.

Les débuts – La vision – La mission

Le Centre des données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans doit son existence à la politique de gestion des données scientifiques publiée le 9 juillet 2001 par John Davis, alors Sous-ministre adjoint aux sciences du MPO. Cette politique a pour but de « protéger les dépôts de données scientifiques actuels et futurs, de favoriser l'interconnexion des données, de maximiser, grâce à des normes, l'utilité des données existantes, et de déterminer des moyens rentables de gérer les dépôts de données ».

En 2000, on a effectué un sondage afin d'identifier les banques de données du personnel scientifique dans la Région du Centre et de l'Arctique, et une évaluation des risques de pertes de chaque ensemble de données a été effectuée. Les ensembles de données ont ensuite été prioritisés en fonction de cette analyse des risques, et c'est ainsi que des « projets de récupération des données » ont été établis.

En août 2001, le Centre des données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans était constitué; ce centre compte un gestionnaire de données et un analyste de données.

Notre vision

Protéger notre patrimoine scientifique

Notre mission

Le Centre des données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans s'est engagé à mettre en œuvre la politique de gestion des données scientifiques du MPO, par la création d'entrepôts de données scientifiques accessibles, cohérent et sûrs. Ces entrepôts de données fournissent au personnel scientifique les moyens de construire des systèmes de soutien pour la protection et la conservation des milieux en eau douce, des environnements et des habitats du poisson.

Les éléments de base d'un entrepôt de données (fig. 1) :

- Les données dans leurs diverses formes sont traitées (par exemple, unités standard et noms de paramètres, élimination des doublons, etc.);
- Elles sont chargées dans l'entrepôt de données (considérez celui-ci un peu comme un entrepôt d'épicerie…les articles sont placés sur des tablettes organisées);
- Les données sont ensuite distribuées dans divers magasins de données (*définition :* un magasin de données est axé sur un sujet ou un groupe d'utilisateurs particulier… considérez-le un peu comme une épicerie spécialisée);
- Les magasins de données sont ensuite interrogés par les clients et les utilisateurs au moyen de divers outils d'interrogation; les résultats obtenus peuvent comprendre des cartes, des rapports, des statistiques, des graphiques, etc.

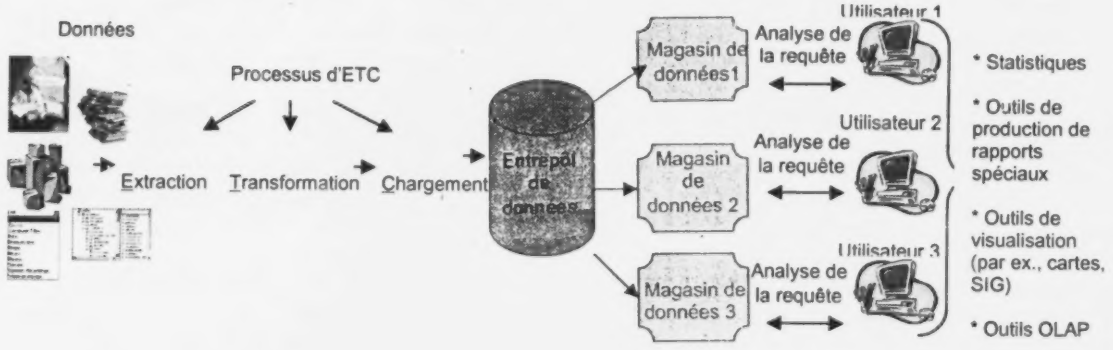


Figure 1. Les éléments de base d'un entrepôt de données

Cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (fig. 2) :

Toutefois, la réussite d'un projet d'entrepôt de données mis en œuvre au moyen de la méthode du cycle de vie nécessite la participation de plusieurs acteurs, notamment : l'équipe d'assistance technique, l'équipe de base du projet, ainsi que le client ou l'utilisateur.
Ce cycle de vie se déroule ainsi :

- Une *réunion stratégique de planification de projet* réunit toutes les parties intéressées, afin de définir les tâches, les buts, la durée, l'évaluation de l'état de préparation et la justification opérationnelle du projet.
- À la suite d'un certain nombre d'entrevues avec les clients, des données sur les *besoins opérationnels* sont recueillies. Cette phase comporte une description étape par étape de la façon dont le client mène ses activités. Elle vise également à établir des noms de paramètres et des formats de données standard. Elle établit en outre les besoins de l'utilisateur final.
- Les étapes de *modélisation dimensionnelle* et de *conception physique* comprennent une schématisation conceptuelle (représentation visuelle) des procédures opérationnelles du client, qui mène ultimement à la création du modèle de données. Ce dernier est ensuite testé.
- Les données sont soumises aux *processus d'ETC* – extraction, transformation, chargement.
- Simultanément, le personnel d'assistance technique travaille à l'*intégration* des diverses technologies (matériel, logiciel). Cette étape comprend l'*installation* d'une plate-forme matérielle, l'installation et l'évaluation des produits logiciels, ainsi que le test de ces derniers.

- Le *développement de l'application destinée à l'utilisateur final* est basé sur les entrevues de définition des besoins opérationnels.
- Enfin, le *produit est déployé* en clientèle, puis c'est l'étape de croissance et de maintenance courante de l'entrepôt de données.

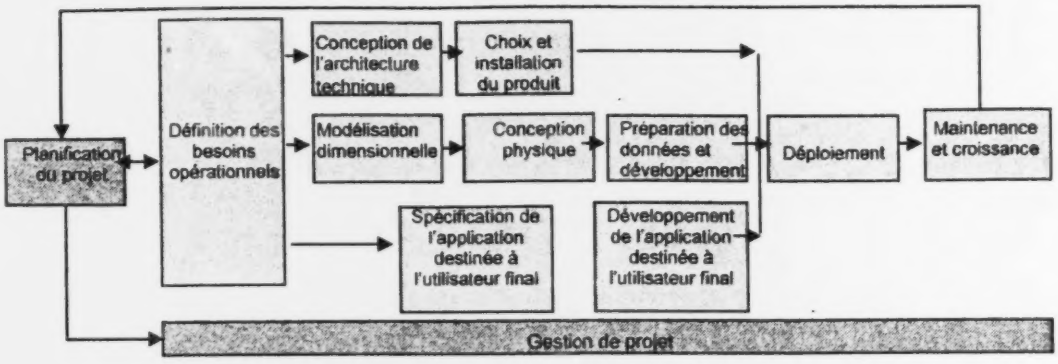


Figure 2. Le cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (Kimball, 1998, pg. 31-40).

Pourquoi un entrepôt de données?

Avantages	Explications	Motifs (résultats)
Simplicité	Un seul format de données standard (par exemple, toutes les données sont converties en centimètres), dans un emplacement centralisé	Moins d'erreurs et économies de temps
Données de meilleure qualité	Il est facile de corriger les erreurs dans les données grâce aux outils d'interrogation	Les analyses effectuées sur des données erronées conduisent à de mauvaises décisions
Accès rapide	Les utilisateurs n'ont pas besoin d'attendre que le département du système d'information ou un autre service leur fournisse les données… ils sont capables de trouver l'information plus rapidement, parce que celle-ci se trouve dans un emplacement central et qu'ils peuvent eux-mêmes interroger l'entrepôt de données	L'entrepôt de données est intégré et bien organisé, et il autorise un accès rapide à l'information
Convivialité	Il est destiné à être utilisé par des personnes novices en informatique	Les utilisateurs se sentent plus libres d'explorer les données et de les examiner de différentes façons. En outre, les tendances ou les problèmes sont plus faciles à repérer. On obtient une image générale de la situation. On

Le Centre des données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans s'est engagé à mettre en œuvre la politique de gestion des données scientifiques du MPO, par la création d'entrepôts de données scientifiques accessibles, cohérent et sûrs. Ces entrepôts de données fournissent au personnel scientifique les moyens de construire des systèmes de soutien pour la protection et la conservation des milieux en eau douce, des environnements et des habitats du poisson.

Les éléments de base d'un entrepôt de données (fig. 1) :

- Les données dans leurs diverses formes sont traitées (par exemple, unités standard et noms de paramètres, élimination des doublons, etc.);
- Elles sont chargées dans l'entrepôt de données (considérez celui-ci un peu comme un entrepôt d'épicerie…les articles sont placés sur des tablettes organisées);
- Les données sont ensuite distribuées dans divers magasins de données (*définition :* un magasin de données est axé sur un sujet ou un groupe d'utilisateurs particulier… considérez-le un peu comme une épicerie spécialisée);
- Les magasins de données sont ensuite interrogés par les clients et les utilisateurs au moyen de divers outils d'interrogation; les résultats obtenus peuvent comprendre des cartes, des rapports, des statistiques, des graphiques, etc.

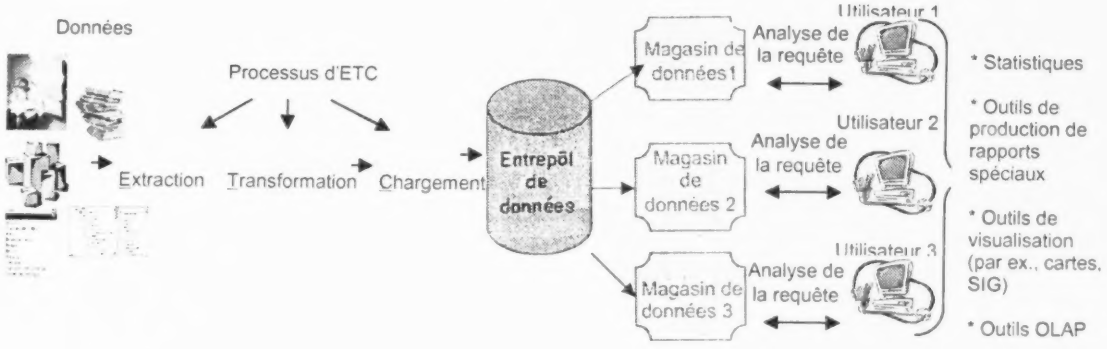


Figure 1. Les éléments de base d'un entrepôt de données

Cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (fig. 2) :

Toutefois, la réussite d'un projet d'entrepôt de données mis en œuvre au moyen de la méthode du cycle de vie nécessite la participation de plusieurs acteurs, notamment : l'équipe d'assistance technique, l'équipe de base du projet, ainsi que le client ou l'utilisateur.
Ce cycle de vie se déroule ainsi :

- Une *réunion stratégique de planification de projet* réunit toutes les parties intéressées, afin de définir les tâches, les buts, la durée, l'évaluation de l'état de préparation et la justification opérationnelle du projet.
- À la suite d'un certain nombre d'entrevues avec les clients, des données sur les *besoins opérationnels* sont recueillies. Cette phase comporte une description étape par étape de la façon dont le client mène ses activités. Elle vise également à établir des noms de paramètres et des formats de données standard. Elle établit en outre les besoins de l'utilisateur final.
- Les étapes de *modélisation dimensionnelle* et de *conception physique* comprennent une schématisation conceptuelle (représentation visuelle) des procédures opérationnelles du client, qui mène ultimement à la création du modèle de données. Ce dernier est ensuite testé.
- Les données sont soumises aux *processus d'ETC* – extraction, transformation, chargement.
- Simultanément, le personnel d'assistance technique travaille à l'*intégration* des diverses technologies (matériel, logiciel). Cette étape comprend l'*installation* d'une plate-forme matérielle, l'installation et l'évaluation des produits logiciels, ainsi que le test de ces derniers.

- Le *développement de l'application destinée à l'utilisateur final* est basé sur les entrevues de définition des besoins opérationnels.
- Enfin, le *produit est déployé* en clientèle, puis c'est l'étape de croissance et de maintenance courante de l'entrepôt de données.

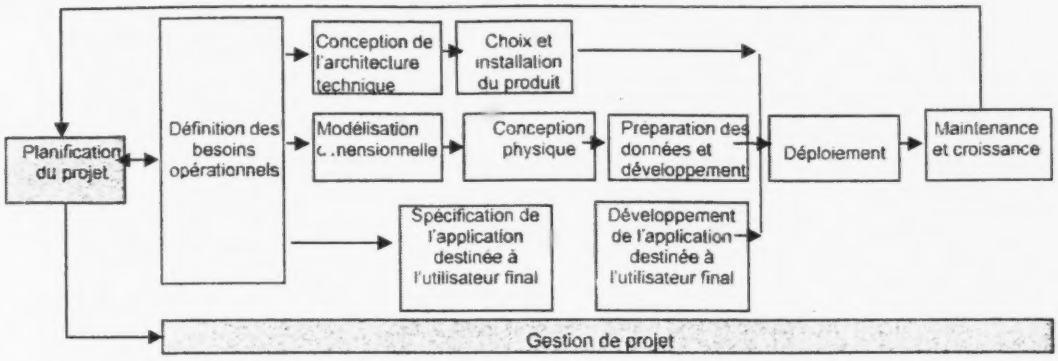


Figure 2. Le cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (Kimball, 1998, pg. 31-40).

Pourquoi un entrepôt de données?

Avantages	Explications	Motifs (résultats)
Simplicité	Un seul format de données standard (par exemple, toutes les données sont converties en centimètres), dans un emplacement centralisé	Moins d'erreurs et économies de temps
Données de meilleure qualité	Il est facile de corriger les erreurs dans les données grâce aux outils d'interrogation	Les analyses effectuées sur des données erronées conduisent à de mauvaises décisions
Accès rapide	Les utilisateurs n'ont pas besoin d'attendre que le département du système d'information ou un autre service leur fournisse les données… ils sont capables de trouver l'information plus rapidement, parce que celle-ci se trouve dans un emplacement central et qu'ils peuvent eux-mêmes interroger l'entrepôt de données	L'entrepôt de données est intégré et bien organisé, et il autorise un accès rapide à l'information
Convivialité	Il est destiné à être utilisé par des personnes novices en informatique	Les utilisateurs se sentent plus libres d'explorer les données et de les examiner de différentes façons. En outre, les tendances ou les problèmes sont plus faciles à repérer. On obtient une image générale de la situation. On

Le Centre des données scientifiques des Grands Lacs de Pêches et Océans s'est engagé à mettre en œuvre la politique de gestion des données scientifiques du MPO, par la création d'entrepôts de données scientifiques accessibles, cohérent et sûrs. Ces entrepôts de données fournissent au personnel scientifique les moyens de construire des systèmes de soutien pour la protection et la conservation des milieux en eau douce, des environnements et des habitats du poisson.

Les éléments de base d'un entrepôt de données (fig. 1) :

- Les données dans leurs diverses formes sont traitées (par exemple, unités standard et noms de paramètres, élimination des doublons, etc.);
- Elles sont chargées dans l'entrepôt de données (considérez celui-ci un peu comme un entrepôt d'épicerie...les articles sont placés sur des tablettes organisées);
- Les données sont ensuite distribuées dans divers magasins de données (*définition :* un magasin de données est axé sur un sujet ou un groupe d'utilisateurs particulier... considérez-le un peu comme une épicerie spécialisée);
- Les magasins de données sont ensuite interrogés par les clients et les utilisateurs au moyen de divers outils d'interrogation; les résultats obtenus peuvent comprendre des cartes, des rapports, des statistiques, des graphiques, etc.

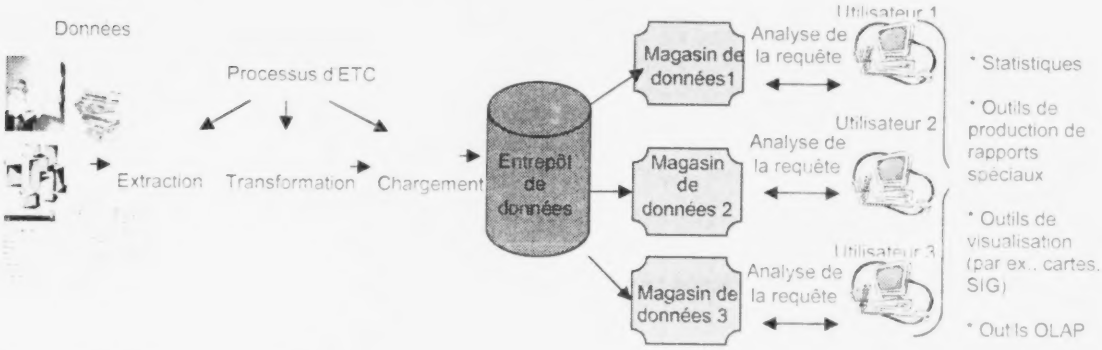


Figure 1. Les éléments de base d'un entrepôt de données

Cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (fig. 2) :

Toutefois, la réussite d'un projet d'entrepôt de données mis en œuvre au moyen de la méthode du cycle de vie nécessite la participation de plusieurs acteurs, notamment : l'équipe d'assistance technique, l'équipe de base du projet, ainsi que le client ou l'utilisateur.
Ce cycle de vie se déroule ainsi :

- Une *réunion stratégique de planification de projet* réunit toutes les parties intéressées, afin de définir les tâches, les buts, la durée, l'évaluation de l'état de préparation et la justification opérationnelle du projet.
- À la suite d'un certain nombre d'entrevues avec les clients, des données sur les *besoins opérationnels* sont recueillies. Cette phase comporte une description étape par étape de la façon dont le client mène ses activités. Elle vise également à établir des noms de paramètres et des formats de données standard. Elle établit en outre les besoins de l'utilisateur final.
- Les étapes de *modélisation dimensionnelle* et de *conception physique* comprennent une schématisation conceptuelle (représentation visuelle) des procédures opérationnelles du client, qui mène ultimement à la création du modèle de données. Ce dernier est ensuite testé.
- Les données sont soumises aux *processus d'ETC* – extraction, transformation, chargement.
- Simultanément, le personnel d'assistance technique travaille à l'*intégration* des diverses technologies (matériel, logiciel). Cette étape comprend l'*installation* d'une plate-forme matérielle, l'installation et l'évaluation des produits logiciels, ainsi que le test de ces derniers.

- Le *développement de l'application destinée à l'utilisateur final* est basé sur les entrevues de définition des besoins opérationnels.
- Enfin, le *produit est déployé* en clientèle, puis c'est l'étape de croissance et de maintenance courante de l'entrepôt de données.

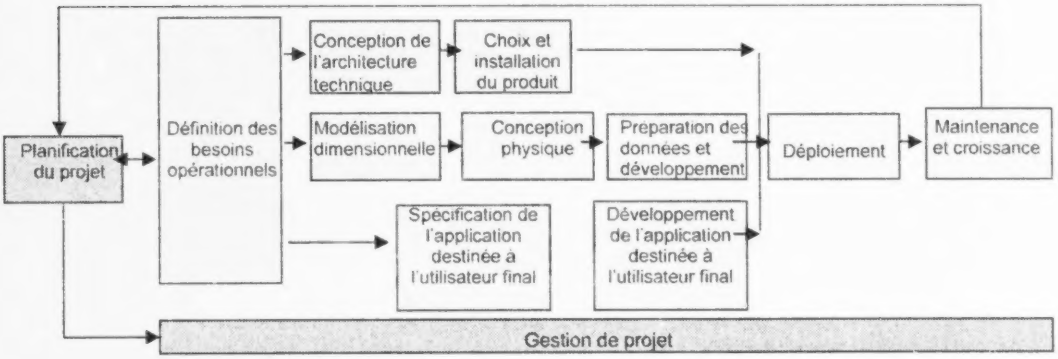


Figure 2. Le cycle de vie d'un projet d'entrepôt de données (Kimball, 1998, pg. 31-40).

Pourquoi un entrepôt de données?

Avantages	Explications	Motifs (résultats)
Simplicité	Un seul format de données standard (par exemple, toutes les données sont converties en centimètres), dans un emplacement centralisé	Moins d'erreurs et économies de temps
Données de meilleure qualité	Il est facile de corriger les erreurs dans les données grâce aux outils d'interrogation	Les analyses effectuées sur des données erronées conduisent à de mauvaises décisions
Accès rapide	Les utilisateurs n'ont pas besoin d'attendre que le département du système d'information ou un autre service leur fournisse les données... ils sont capables de trouver l'information plus rapidement, parce que celle-ci se trouve dans un emplacement central et qu'ils peuvent eux-mêmes interroger l'entrepôt de données	L'entrepôt de données est intégré et bien organisé, et il autorise un accès rapide à l'information
Convivialité	Il est destiné à être utilisé par des personnes novices en informatique	Les utilisateurs se sentent plus libres d'explorer les données et de les examiner de différentes façons. En outre, les tendances ou les problèmes sont plus faciles à repérer. On obtient une image générale de la situation. On

		peut également effectuer des méta-analyses
Plus de puissance de traitement	Une puissance de traitement brute accrue est mise à la disposition des utilisateurs. Ceux-ci peuvent se servir de logiciels de haut niveau (par exemple, Oracle) pour effectuer leurs interrogations.	Les utilisateurs peuvent interroger les données de façon plus détaillée. Les logiciels de haut de gamme autorisent une sécurité accrue des données.
Avantages concurrentiels	Comme les utilisateurs peuvent mieux accéder aux connaissances de l'entreprise, ils peuvent accomplir leur travail plus efficacement	L'entreprise comprend mieux la situation et, par conséquent, est mieux en mesure de réagir rapidement et de façon appropriée à son évolution

Les dix grandes leçons que nous avons apprises :

10. Il est difficile d'être le dernier arrivé sur le marché;
9. L'argent ne pousse pas dans les arbres (il est difficile de trouver du financement);
8. Cela prend plus de temps que vous ne le pensez;
7. Un processus de communication de base est nécessaire;
6. La documentation est essentielle;
5. Un système intuitif vaux le travail que son développement exige;
4 Le développement d'un entrepôt de données est un processus itératif;
3. La participation des clients et des utilisateurs EST nécessaire;
2. Un processus de communication évolué est fortement recommandé;
1. Le travail n'est pas terminé tant qu'il n'est pas terminé et... il ne l'est JAMAIS.

Les obstacles à surmonter :

10. Il faut du temps pour se faire accepter... les éléments #7 et #2 constituent la clé pour nous faire connaître;
9. Il faut du temps pour construire un entrepôt de données fonctionnel; on doit tenir compte du coût du personnel, et l'utilisation d'une technologie de pointe assurant la sécurité des données constitue un des aspects clés du développement. Les données doivent être transférées ou copiées depuis les documents existants, et converties dans un format commun, parfois manuellement, ce qui fait grimper les coûts. Les développeurs et les utilisateurs doivent recevoir une formation permanente pour être en mesure d'exploiter la technologie, ce qui fait augmenter le prix;
8. La construction d'un entrepôt de données est un processus complexe (chaque entrepôt de données doit être personnalisé en fonction des besoins des clients et des utilisateurs) qui, manifestement, prend du temps. Dans la plupart des cas, il faut prévoir de deux à trois ans pour que l'entrepôt de données soit pleinement opérationnel. Comme les résultats ne sont pas immédiats, il est difficile de maintenir l'enthousiasme de la direction et de conserver son appui pendant une période de temps aussi prolongée, ce qui fait que les développeurs consacrent souvent une trop grande part de leur temps à justifier et à rejustifier encore la nécessité d'un entrepôt de données;
7. Il doit y avoir quelqu'un qui soit en mesure de parler aussi bien le langage « fonctionnel » que le langage « technique », pour pouvoir communiquer avec les utilisateurs de l'entrepôt de données et ses constructeurs;
6. Réservez du temps à cette activité et accomplissez le travail nécessaire... le temps que vous passerez ainsi et les leçons que vous apprendrez vous serviront pour les entrepôts de données ultérieurs;
5. Faites l'effort de comprendre les utilisateurs et ajustez l'entrepôt de données et les magasins de données de façon qu'ils répondent à leurs attentes. Il n'est pas véritablement possible de comprendre tous les besoins auxquels un entrepôt de données doit répondre, à moins que ces besoins aient été explorés en collaboration avec les utilisateurs. Avec le temps, de nouvelles questions nécessitant de nouvelles données ou de nouvelles méthodes d'accès à l'entrepôt de données peuvent surgir;

4. Ne vous attendez pas à réaliser un modèle complet du premier coût. Acceptez que la nécessité d'apporter des modifications constitue une preuve que l'entrepôt de données est utilisé ou apprécié;
3. Pour que l'entrepôt de données soit une réussite, la participation des utilisateurs est nécessaire. Si l'entrepôt de données ne fournit pas aux utilisateurs ce qu'ils désirent et ce dont ils ont besoin, il est inutile;
2. Trouvez des moyens de communiquer de façon continue avec les utilisateurs de l'entrepôt de données (par exemple, à travers des bulletins de nouvelles, des courriels, un site intranet, des affiches, des plans d'activités);
1. Acceptez la responsabilité de la maintenance courante, des changements, de la formation… c'est pour cela que l'entrepôt a été construit. Ce dernier connaît une croissance permanente, et le processus de construction d'un entrepôt de données en est un de découverte. Dans une entreprise qui prospère, il y a toujours de nouveaux utilisateurs et de nouvelles données, qui suscitent de nouvelles questions.

Conclusion

Grâce à un entrepôt de données, les clients et les utilisateurs sont mieux informés et peuvent par conséquent prendre des décisions plus rapidement ou de façon plus éclairée. Les utilisateurs, lorsqu'on les dote de la capacité d'examiner la situation générale, sont mieux en mesure de se faire une idée de leur organisation (par exemple, le LGLPSA) et des informations qu'elle produit (dans ce cas particulier, les conditions environnementales des Grands Lacs). Par conséquent, la direction est en mesure d'analyser les conditions ambiantes, et de planifier et de réagir beaucoup plus rapidement. En définitive, un entrepôt de données nous permet d'accroître nos connaissances.

References

Inmon, W. H. 1996. Building the Data Warehouse. John Wiley & Sons, Inc. 401 pp.
Kimball et al. 1998. The Data Warehouse Lifecycle Toolkit. John Wiley & Sons, Inc. 755pp.

Development of a plankton model for interdisciplinary studies on the Scotian shelf: Application to AZMP Station 2 timeseries/ Élaboration d'un modèle planctonique aux fins d'études interdisciplinaires sur le plateau de la Nouvelle-Écosse : application aux observations de la Station 2 du PZMA.

Alain F. Vézina and Benoit Casault, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, Bedford Institute of Oceanography, 1 Challenger Drive, P.O. Box 1006, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2 Tel.: (902) 426-3843 Fax: (902) 426-9388 E-mail: CasaultB@dfo-mpo.gc.ca / Alain F. Vézina et Benoit Casault, Pêches et Océans Canada, Institut océanographique de Bedford, 1, promenade Challenger, Dartmouth (Nouvelle-Écosse) B2B 4A2 Tél. : (902) 426-3843 Téléc. : (902) 426-9388 Courriel : CasaultB@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: Interannual variations in plankton dynamics are a critical feature of marine ecosystems and have been linked to variations in the recruitment of exploitable species. We report here on our first attempts to use a physical-biological model to simulate the observed dynamics at AZMP Station 2 from 1999 to 2001. These preliminary results indicate that the model is able to capture the mean seasonal cycle in plankton dynamics and also some features of the interannual differences in physical and plankton conditions. However, the interannual variations in the observations are stronger than in the model simulations and there are some critical differences between observed and predicted interannual differences. The AZMP data are an invaluable resource for pursuing the development and improvement of the physical-biological model and for increasing our capacity to predict impacts of climate change and climate variability on marine ecosystems.

Résumé: Les variations interannuelles dans la dynamique du plancton sont une caractéristique importante des écosystèmes marins et elles ont été liées aux variations dans le recrutement des espèces exploitables. Nous présentons ici les premiers essais d'utilisation d'un modèle physique-biologique pour simuler la dynamique observée à la Station 2 du PZMA depuis 1999 jusqu'à 2001. Ces résultats

préliminaires indiquent que le modèle est capable de capturer le cycle saisonnier moyen dans la dynamique du plancton et aussi certains aspects des différences interannuelles dans les conditions physiques et biologiques. Cependant, les variations interannuelles dans les observations sont plus fortes dans les observations que dans les simulations du modèle et il y a certaines différences notables entre les différences interannuelles observées et prédites. Les données PZMA constituent une ressource irremplaçable pour le développement et l'amélioration des modèles physique-biologique et pour augmenter notre capacité à prédire les impacts des changements climatiques et des variations climatiques sur les écosystèmes marins.

Evaluation of the potential of mussels *Mytilus edulis* in suspended culture of consuming and/or destroying larval lobster (*Homarus americanus*)/ Évaluation de la capacité des moules d'élevage (*Mytilus edulis*) à ingérer des larves de homards (*Homarus americanus*) et leur causer des blessures ou la mort.

A.M. Weise, L. Gendron, M. Fréchette, P. Ouellet, C.W. McKindsey and L. Girard, Maurice Lamontagne Institute, Fisheries and Oceans Canada, Mont-Joli, Quebec G5H 3Z4 Tel.: (418) 775-0897 Fax: (418) 775-0542 E-mail: WeiseA@dfo-mpo.gc.ca / Weise, A.M., L. Gendron, M. Fréchette, P. Ouellet, C.W. McKindsey et L. Girard, Pêches et Océans Canada, Région du Québec, Institut Maurice-Lamontagne, 850, route de la Mer, Mont-Joli, QC G5H 3Z4 Tél. : (418) 775-0897 Téléc. : (418) 775-0542 Courriel : WeiseA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: In Quebec, mussel culture is in full expansion and is developing in areas where lobsters are present. The objective of this study was to evaluate the potential of cultured mussels (*Mytilus edulis*) to ingest stage I lobster (*Homarus americanus*) larvae and, if so, to determine whether this ingestion could harm or kill the larvae. In a first series of experiments, larvae were placed with mussel socks in 30 L buckets. Since very few larvae came into contact with the mussels, a second series of experiments was conducted in a more confined area (4 L beakers), forcing the larvae to interact with the mussels. This experiment allowed us to describe five types of behaviour. The frequency of each type of behaviour was evaluated during a third series of experiments using a video camera. Our results show that lobster larvae do not approach mussels when placed in a large enclosure. In a more confined area, the larvae swim freely around the mussels and are not entrapped by the inhalant current of the mussels. We occasionally saw larvae enter the mussel and swim out unharmed. The size of the larvae probably prevents it from going beyond the mantle cavity. It is reasonable to believe that mussel culture does not constitute, in this sense, a threat to lobster populations.

Résumé: Au Québec, la myticulture est en plein essor et se développe présentement dans des secteurs où le homard est présent. L'objectif de ce projet était d'évaluer la capacité des moules d'élevage (*Mytilus edulis*) à ingérer des larves de homard (*Homarus americanus*) de stade I, et de déterminer le cas échéant si cette ingestion pouvait blesser ou causer la mort de la larve. Dans une première série d'expériences, des larves ont été mises en présence de sections de boudins de moules dans des chaudières de 30 L. Puisque très peu de larves sont entrées en contact avec les moules, nous avons mené une deuxième série d'expériences en milieu confiné (béchers de 4 L), forçant alors les larves à entrer en contact avec les moules. Cette expérience a permis de décrire 5 types de comportements dont la fréquence d'occurrence a été évaluée à partir d'images vidéo tournées lors d'une troisième série d'expériences. Les résultats montrent que lorsque l'espace n'est pas restreint, les larves de homard ne vont pas sur les moules. En milieu confiné, les larves nagent librement autour des moules et ne sont pas entraînées par leur courant inhalant. Occasionnellement, nous avons vu des larves entrer dans les moules, mais elles en ressortaient intactes, leur taille les empêchant vraisemblablement de pénétrer plus loin que la cavité du manteau. Il est raisonnable de penser que la mytiliculture ne constitue pas en ce sens, un danger pour les populations de homard.

Technological advances in sea lamprey (*Petromyzon marinus*) barrier design and trapping efficiency, 1947-2002/ Progrès technologiques réalisés de 1947 à 2002

dans la conception et l'efficacité des barrages contre la lamproie marine (*Petromyzon marinus*). Jerry G. Weise and Andrew Hallett, Fisheries and Oceans Canada, Central and Arctic Region, Sea Lamprey Control Centre, 1 Canal Drive, Sault Ste. Marie, Ontario P6A 6W4, Tel.: (705) 941-3000 Fax: (705) 941-3025 E-mail: WeiseJ@dfo-mpo.gc.ca *or* HallettA@dfo-mpo.gc.ca / Jerry G. Weise et Andrew Hallett, Pêches et Océans Canada, Région du Centre et de l'Arctique, Centre de contrôle de la lamproie de mer, 1, promenade du Canal, Sault Ste. Marie (Ontario) P6A 6W4 Tél. : (705) 941-3000 Téléc. : (705) 941-3025 Courriel : WeiseJ@dfo-mpo.gc.ca *ou* HallettA@dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Great Lakes Fishery Commission was formed in 1955 to manage mutually shared fish stocks and to control sea lamprey. Barriers to spawning sea lamprey are used in an integrated control program to monitor and remove potential spawning sea lamprey. The simple weir and trapping system was modified by the use of AC and DC electrified barriers and guidance systems to guide and capture fish. Due to public danger and non-target mortality, electrical barriers were phased out in favour of low-head barriers (<1 m high) and portable traps. These barriers enabled passage of jumping fish (rainbow trout and Pacific salmon) but blocked other migratory species. In 1993, an experimental velocity barrier was developed that used differences in swimming performances to pass teleost fish while blocking passage of adult sea lamprey. A mechanical cable-operated crest gate barrier was tried in 1985 and in 1995 this design was modified to incorporate inflatable-bladder barriers with remote operated control systems. Fishways became an integral part of barrier design in 1995 and have enabled passage of most of the migratory fish species. Barrier design has come full circle with the implementation of electrical pulsed-DC barriers and a progressive design that includes the low-head barrier with a pulsed-DC barrier.

Résumé: La Commission des pêcheries des Grands Lacs a été créée en 1955 pour gérer les stocks de poissons que se partagent le Canada et les États-Unis et pour lutter contre la lamproie marine. On se sert de barrages contre les lamproies marines génitrices dans le cadre d'un programme intégré visant à surveiller et à éliminer les lamproies marines aptes à frayer. On a modifié le simple système de barrage et de piégeage en utilisant des barrages électrifiés à courant alternatif ou continu et des systèmes guidant le poisson pour le capturer. En raison du danger pour le public et de la mortalité d'organismes non visés, on a graduellement remplacé les barrages électrifiés par des barrages de basse chute (hauteur < 1 m) et des pièges portables. Ces barrages laissaient passer les poissons capables de sauter (truite arc-en-ciel et saumon du Pacifique) mais pas les autres espèces migratrices. En 1993, on a mis au point un barrage expérimental qui modifie la vitesse du courant de façon à exploiter les différences dans les performances de nage des poissons pour bloquer le passage des lamproies marines adultes tout en laissant passer les poissons téléostéens. En 1985, on a mis à l'essai un barrage à vanne de crête à commande par câble et, en 1995, on l'a modifié pour y intégrer des barrages gonflables et des systèmes de contrôle télécommandés. En 1995, les passes migratoires deviennent partie intégrante des barrages anti-lamproies qu'elles permettent à la plupart des espèces de poissons migratoires de franchir. On utilise maintenant des barrages électrifiés à courant continu pulsé et un dispositif perfectionné qui combine un barrage à faible chute et un barrage à courant continu pulsé.

DFO recovery actions for the endangered Atlantic whitefish (*Coregonus huntsmani*)/ Mesures de rétablissement du corégone d'Acadie (*Coregonus huntsmani*) en voie de disparition prises par le MPO. J. M. Whitelaw, Fisheries and Oceans Canada, Maritimes Region, P.O. Box 570, Milton, Nova Scotia B0T 1P0 Tel.: (902) 354-5443 Fax: (902) 354-5441 E-mail: WhitelawJ@mar.dfo-mpo.gc.ca / J. M. Whitelaw, Pêches et Océans Canada, C.P. 570, Milton (Nouvelle-Écosse) B0T 1P0 Tél. : (902) 354-5443 Téléc. : (902) 354-5441 Courriel : WhitelawJ@mar.dfo-mpo.gc.ca

Abstract: The Atlantic whitefish (*Coregonus huntsmani*) is an endemic Canadian species known historically in only two watersheds in southwestern Nova Scotia. A pronounced decline in recent decades resulted in an "endangered" designation by the Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada in 1984.

Wild adults are being held at the Department of Fisheries and Oceans' Mersey Biodiversity Facility, and through captive breeding, two F1 generations have been successfully reared in captivity. Contained populations enable the retention of genetic material and provide populations necessary for research into life stage history and habitat preferences. As acidification of the aquatic habitat within the watersheds is suspected as a contributing factor to the decline of the species, preliminary short-term pH tolerance experiments have been conducted on juveniles and affirm survival is inversely related to pH. Expansion of pH tolerance experiments to include all life history stages and longer-term exposures are planned. Salinity and water temperature tolerances and preferences will also be assessed.

Genetic analyses consisting of three main components are underway: 1) The initial focus is on confirming phylogenetic lineage/distinct species status of the Atlantic whitefish using molecular techniques. 2) Microsatellite markers are being developed to assess kinship among captive adults for the purpose of balancing family representation within the captive breeding program. 3) To assess genetic adaptation, investigations of the presence and the amount of genetic potential for acid tolerance will be conducted during pH tolerance experimentation.

Findings from hatchery, genetic work and field monitoring will be incorporated with other study results to enable development of protocols to achieve appropriate genetic makeup and survival of re-introduced populations when and where appropriate.

Résumé: Le corégone d'Acadie (*Coregonus huntsmani*) est une espèce endémique du Canada présente depuis très longtemps dans deux bassins versants du sud-est de la Nouvelle-Écosse. Un déclin marqué de ses effectifs au cours des dernières décennies a mené le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada a le désigner comme une espèce en voie de disparition en 1984.

Le ministère des Pêches et des Océans garde des adultes sauvages en captivité au Centre de biodiversité de Mersey et, par sélection, a réussi à produire deux premières générations. Des populations maintenues en milieu fermé permettent de protéger le matériel génétique et d'obtenir les populations nécessaires aux recherches sur le cycle vital et les préférences en matière d'habitat. L'acidification de l'habitat aquatique des bassins versants étant considérée comme un facteur contribuant au déclin de l'espèce, on a mené des expériences préliminaires à court terme sur la tolérance des juvéniles au pH, qui ont confirmé que leur survie est inversement reliée à ce dernier. On prévoit élargir la portée des expériences afin d'y inclure tous les stades du cycle vital et des expositions à long terme, ainsi que d'évaluer leur tolérance à la salinité et à la température de l'eau, ainsi que leurs préférences à ce titre.

Des analyses génétiques comprenant trois grands volets sont actuellement en cours. Le premier vise à confirmer le statut d'espèce distincte du corégone d'Acadie et sa phylogenèse à l'aide de techniques moléculaires. Dans le cadre du deuxième, des marqueurs microsatellitaires sont en cours d'identification en vue d'établir le niveau de parenté entre les adultes captifs aux fins d'équilibrage de la représentation des familles dans le programme de sélection en captivité. Et en vue d'évaluer l'adaptation génétique, on mènera ensuite des études sur la présence et le niveau de potentiel génétique de tolérance à l'acidité lors des expériences sur la tolérance au pH.

Les résultats des travaux menés en écloserie, des études génétiques et de la surveillance sur le terrain seront incorporés aux résultats d'autres études en vue de l'élaboration de protocoles visant à obtenir une constitution génétique et un taux de survie appropriés des populations réintroduites là et au moment appropriés.

Appendices

Appendix 1/ Appendice 2 : Participants – National Science Workshop 2002/Participants - Atelier national des sciences 2002

Science/Sciences

	Name/Nom	Region/Région	Institute/Institut	Location/Ville	Phone/Téléphone	E-mail/Courriel
1	Abourizak, Fay	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-7465	AbourizkF@dfo-mpo.gc.ca
2	Adams, Barbara	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-1884	AdamsB@dfo-mpo.gc.ca
3	Alexander, Ross	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6251	AlexanderR@dfo-mpo.gc.ca
4	Allen, Rosalie	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6248	AllenRE@dfo-mpo.gc.ca
5	Asselin, Nicole	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0170	AsselinN@dfo-mpo.gc.ca
6	Asselin, Paul	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-0802	AsselinP@dfo-mpo.gc.ca
7	Bakelaar, Carolyn	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6290	BakelaarC@dfo-mpo.gc.ca
8	Barnucz, Jason	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905- 336-4842	BarnuczJ@dfo-mpo.gc.ca
9	Baron, Chris	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5073	BaronC@dfo-mpo.gc.ca
10	Benhalima, Khadra	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6045	BenhalimaK@dfo-mpo.gc.ca
11	Bergmann, Marty	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-3776	BergmannM@dfo-mpo.gc.ca
12	Bernard, Andrea	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4874	BernardA@dfo-mpo.gc.ca
13	Biggar, Jon	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4848	BiggarJ@dfo-mpo.gc.ca
14	Bishop, Sandy	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4834	BishopS@dfo-mpo.gc.ca
15	Blanchfield, Paul	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-4524	BlanchfieldP@dfo-mpo.gc.ca
16	Bonnell, Robert	C&A	CCIW	Burlington	905-336-6288	BonnellR@dfo-mpo.gc.ca
17	Boulva, Jean	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0555	BoulvaJ@dfo-mpo.gc.ca
18	Bourque, Clarence	Gulf/Golfe	GFC	Moncton	506-851-6232	BourqueC@dfo-mpo.gc.ca
19	Bradford, Mike	Pac	SFU/USF	Vancouver	604-666-7912	BradfordM@dfo-mpo.gc.ca
20	Brousseau, Christine	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6287	BrousseauC@dfo-mpo.gc.ca
21	Brousseau, Dan	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6475	BrousseauD@dfo-mpo.gc.ca
22	Bugden, Gary	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-5745	BugdenG@dfo-mpo.gc.ca
23	Burchat, Donna	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-998-5158	BurchatD@dfo-mpo.gc.ca
24	Cabana, Anne-Marie	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0694	CabanaAM@dfo-mpo.gc.ca

25	Cairns, Victor	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4862	CairnsV@dfo-mpo.gc.ca
26	Caissie, Daniel	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6287	CaissieD@dfo-mpo.gc.ca
27	Cameron, Roger	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4491	CameronR@dfo-mpo.gc.ca
28	Campbell, Camille	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5095	CampbellC@dfo-mpo.gc.ca
29	Campbell, Scott	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2000	CampbellS@dfo-mpo.gc.ca
30	Carscadden, Jim	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-5541	CarscaddenJ@dfo-mpo.gc.ca
31	Carswell, Aaron	C&A	CCIW	Burlington	905-336-4490	CarswellA@dfo-mpo.gc.ca
32	Casault, Benoit	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3843	CasaultB@dfo-mpo.gc.ca
33	Chadwick, Michael	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6206	ChadwickM@dfo-mpo.gc.ca
34	Chen, Nancy	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-4552	ChenNA@dfo-mpo.gc.ca
35	Clark, Mandi	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4474	ClarkMG@dfo-mpo.gc.ca
36	Clarke, Keith	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2907	ClarkeKD@dfo-mpo.gc.ca
37	Clayton, Victoria	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902- 426-1415	ClaytonV@dfo-mpo.gc.ca
38	Claytor, Ross	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-4721	ClaytorR@dfo-mpo.gc.ca
39	Cochrane, Norman	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-5172	CochraneN@dfo-mpo.gc.ca
40	Coles, Jill	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4479	ColesJ@dfo-mpo.gc.ca
41	Colombe, Laura	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4539	ColombeL@dfo-mpo.gc.ca
42	Cooke, Ken	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7125	CookeK@dfo-mpo.gc.ca
43	Cooley, John	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4568	CooleyJ@dfo-mpo.gc.ca
44	Cooper, Andrew	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-991-6951	CooperA@dfo-mpo.gc.ca
45	Costello, Gerard	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3463	CostelloG@dfo-mpo.gc.ca
46	Coutu, Jean-Maurice	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-0007	CoutuJM@dfo-mpo.gc.ca
47	Couture, Estelle	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0259	couture@meds-sdmm.dfo-mpo.gc.ca
48	Cronkite, George	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7173	CronkiteG@dfo-mpo.gc.ca
49	Crook, Stephanie	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-0029	CrookS@dfo-mpo.gc.ca
50	Davison, Karen	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-998-1109	DavisonK@dfo-mpo.gc.ca
51	Dermott, Ron	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4868	DermottR@dfo-mpo.gc.ca
52	Despres, Yves	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-2001	DespresY@dfo-mpo.gc.ca
53	Doka, Susan	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4498	DokaS@dfo-mpo.gc.ca
54	Duplisea, Daniel	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0881	DupliseaD@dfo-mpo.gc.ca
55	Eisner, Richard	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-7564	EisnerR@dfo-mpo.gc.ca
56	Evans, Bob	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5006	EvansR@dfo-mpo.gc.ca
57	Finn, Ray	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2442	FinnR@dfo-mpo.gc.ca
58	Forbes, Trudie	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-991-6863	ForbesT@dfo-mpo.gc.ca
59	Foroutan, Mina	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-319-6927	ForoutanM@dfo-mpo.gc.ca
60	Frail, Cheryl	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-5448	FrailC@dfo-mpo.gc.ca
61	Fudge, Robert	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5217	FudgeR@dfo-mpo.gc.ca
62	Galloway, Jim	Pac	IOS/ISO	Sidney	250-363-6316	GallowayJ@dfo-mpo.gc.ca
63	Gardiner, Michael	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-993-2708	GardinerM@dfo-mpo.gc.ca
64	Gauthier, Michèle	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-5203	GauthierM@dfo-mpo.gc.ca

65	Haddad, Patricia	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0282	HaddadP@dfo-mpo.gc.ca
66	Haines, Denis	NCR/RCN	Booth	Ottawa	613-995-4413	HainsD@dfo-mpo.gc.ca
67	Han, Guoqi	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-4326	HanG@dfo-mpo.gc.ca
68	Hardy, Matthew	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-2728	HardyMa@dfo-mpo.gc.ca
69	Hayward, John	Gulf/Golfe		Miramichi	506-778-2837	HaywardJ@dfo-mpo.gc.ca
70	Heiman, Thom	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6472	HeimanT@dfo-mpo.gc.ca
71	Helbig, Jim	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0314	HelbigJ@dfo-mpo.gc.ca
72	Hendzel, Len	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5225	HendzelL@dfo-mpo.gc.ca
73	Herron, Terese	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4832	HerronT@dfo-mpo.gc.ca
74	Ho, Tony	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4491	HoTo@dfo-mpo.gc.ca
75	Holmes, John	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7303	HolmesJ@dfo-mpo.gc.ca
76	Holtby, Blair	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7221	HoltbyB@dfo-mpo.gc.ca
77	House, Nancy	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0292	HouseN@dfo-mpo.gc.ca
78	Howland, Kim	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-4227	HowlandK@dfo-mpo.gc.ca
79	Jamieson, Glen	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7223	JamiesonG@dfo-mpo.gc.ca
80	Johannsson, Ora	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4708	JohannssonO@dfo-mpo.gc.ca
81	Johnston, Tom	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-6231	JohnstonT@dfo-mpo.gc.ca
82	Joseph, Helen	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-6930	JosephH@dfo-mpo.gc.ca
83	Joseph, Veneita	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6475	JosephV@dfo-mpo.gc.ca
84	Keir, Michael	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4861	KeirM@dfo-mpo.gc.ca
85	Killeen, Elaine	NCR	Booth	Ottawa	613-995-4323	KilleenE@dfo-mpo.gc.ca
86	Koen-Alonso, Mariano	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2047	Koen-AlonsoM@dfo-mpo.gc.ca
87	Labonté, Serge	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-9082	LabonteS@dfo-mpo.gc.ca
88	Laporte, Ghislaine	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-5136	LaporteG@dfo-mpo.gc.ca
89	Larocque, Richard	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0792	LarocqueR@dfo-mpo.gc.ca
90	Lawton, Peter	Mar	SABS/SBSA	St. Andrew's	506-529-5919	LawtonP@dfo-mpo.gc.ca
91	Le Blanc, Bernard	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-1327	LeBlancB@dfo-mpo.gc.ca
92	Leyzack, Andrew	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4538	LeyzackA@dfo-mpo.gc.ca
93	Lloyd, Georgina	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-991-6008	LloydG@dfo-mpo.gc.ca
94	MacArthur, Heather	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-319-6926	HeatherM@dfo-mpo.gc.ca
95	MacDonald, Glenn	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4743	MacdonaldG@dfo-mpo.gc.ca
96	MacDonald, Steve	Pac	SFU/USF	Vancouver	604-666-7910	MacDonaldSt@dfo-mpo.gc.ca
97	MacDougall, Dick	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3497	MacDougallR@dfo-mpo.gc.ca
98	MacIsaac, Erland	Pac	SFU/USF	Vancouver	604-666-7917	MacIsaacE@dfo-mpo.gc.ca
99	Mandrak, Nick	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4842	MandrakN@dfo-mpo.gc.ca
100	Mansour, Atef	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-4133	MansourA@dfo-mpo.gc.ca
101	Marques, Aida	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4657	MarquesA@dfo-mpo.gc.ca
102	McKindsey, Chris	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0667	McKindseyC@dfo-mpo.gc.ca
103	McQuinn, Ian	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0627	McQuinnI@dfo-mpo.gc.ca

104	Melendy, Jason	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6134	MelendyJ@dfo-mpo.gc.ca
105	Melvin, Gary	Mar	SABS/SBSA	St. Andrew's	506-529-8854 x5925	MelvinG@dfo-mpo.gc.ca
106	Michel, Christine	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-8726	MichelC@dfo-mpo.gc.ca
107	Millard, Scott	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4702	MillardS@dfo-mpo.gc.ca
108	Minns, Ken	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4874	MinnsK@dfo-mpo.gc.ca
109	Moles, Matthew	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4559	MolesM@dfo-mpo.gc.ca
110	Monahan, Dave	NCR/RCN	Booth	Ottawa	613-992-0017	MonahanD@dfo-mpo.gc.ca
111	Mowbray, Fran	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-5542	MowbrayF@dfo-mpo.gc.ca
112	Naidu, Sam	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2091	NaiduS@dfo-mpo.gc.ca
113	Nellis, Pierre	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0816	NellisP@dfo-mpo.gc.ca
114	Niblock, Heather	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4867	NiblockH@dfo-mpo.gc.ca
115	Niimi, Art	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4868	NiimiA@dfo-mpo.gc.ca
116	Niven, Sherry	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3246	NivenS@dfo-mpo.gc.ca
117	O'Reilly, Charles	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-5344	OReillyC@dfo-mpo.gc.ca
118	O'Connor, Lisa	C&A	SLCC/CLCLM	Sault Ste. Marie	705-942-2848	OConnorL@dfo-mpo.gc.ca
119	Orr, Dave	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-7343	OrrD@dfo-mpo.gc.ca
120	Paulin, Gilles	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-6150	PaulinG@dfo-mpo.gc.ca
121	Peramaki, Liisa	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-998-1446	PeramakiL@dfo-mpo.gc.ca
122	Perrault, Julie	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-991-6868	PerraultJ@dfo-mpo.gc.ca
123	Perry, Ted	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7229	PerryTed@dfo-mpo.gc.ca
124	Podemiski, Cheryl	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-1775	PodemskiC@dfo-mpo.gc.ca
125	Pratt, Tom	C&A	SLCC/CLCLM	Sault Ste. Marie	705-942-2848	PrattT@dfo-mpo.gc.ca
126	Prinsenberg, Simon	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-6929	PrinsenbergS@dfo-mpo.gc.ca
127	Pugh, Dave	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-991-9427	PughD@dfo-mpo.gc.ca
128	Randall, Bob	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4496	RandallR@dfo-mpo.gc.ca
129	Read, Paul	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4841	ReadP@dfo-mpo.gc.ca
130	Rice, Jake	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0288	RiceJ@dfo-mpo.gc.ca
131	Richards, Laura	Pac	PBS/SBP	Nanaimo	250-756-7177	RichardsL@dfo-mpo.gc.ca
132	Robinson, Carol	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4502	RobinsonC@dfo-mpo.gc.ca
133	Romaine, Steve	Pac	IOS/ISO	Sidney	250-363-6868	RomaineS@dfo-mpo.gc.ca
134	Rondeau, Amélie	Gulf/Golfe	GFC/CPG	Moncton	506-851-2535	RondeauA@dfo-mpo.gc.ca
135	Roy, Nathalie	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0527	RoyN@dfo-mpo.gc.ca
136	Salki, Alex	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5241	SalkiA@dfo-mpo.gc.ca
137	Scruton, Dave	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-2007	ScrutonD@dfo-mpo.gc.ca
138	Seward, Elaine	Nfld/T-N	NAFC/CPAN	St. John's	709-772-4562	SewardEl@dfo-mpo.gc.ca
139	Shortt, Terry	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5062	ShorttT@dfo-mpo.gc.ca
140	Sinclair, Michael	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3490	SinclairM@dfo-mpo.gc.ca
141	Slegers, Anne Marie	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4539	SlegersA@dfo-mpo.gc.ca
142	Smokorowski, Karen	C&A	SLCC	Sault Ste. Marie	705-942-2848	SmokorowskiK@dfo-mpo.gc.ca
143	St. Jacques, Benoit	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0846	St-JacquesB@dfo-mpo.gc.ca

144	St. Jacques, Dennis	C&A	CCIW	Burlington	905-336-4811	StJacquesD@dfo-mpo.gc.ca
145	Stainton, Mike	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5174	StaintonM@dfo-mpo.gc.ca
146	Staton, Shawn	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4864	StatonS@dfo-mpo.gc.ca
147	Steeves, Todd ("Mike")	C&A	SLCC/CLCLM	Sault Ste. Marie	705-941-3012	SteevesT@dfo-mpo.gc.ca
148	Stephenson, Fred	Pac	IOS/ISO	Sidney	250-363-6350	StephensonF@dfo-mpo.gc.ca
149	Stoneman, Mike	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-9046	StonemanM@dfo-mpo.gc.ca
150	Thompson, Geof	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4698	ThompsonG@dfo-mpo.gc.ca
151	Toldi, Glenn	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4866	ToldiG@dfo-mpo.gc.ca
152	Tomy, Gregg	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5167	TomyG@dfo-mpo.gc.ca
153	Travaglini, Paola	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4558	TravagliniP@dfo-mpo.gc.ca
154	Treble, Margaret	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-0985	TrebleM@dfo-mpo.gc.ca
155	Trivedi, Tanya	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-319-6984	TrivediT@dfo-mpo.gc.ca
156	Vagle, Svein	Pac	IOS/ISO	Sidney	250-363-6339	VagleS@dfo-mpo.gc.ca
157	Vézina, Alain	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-7706	VezinaA@dfo-mpo.gc.ca
158	Waterman, Ken	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-0010	WatermaK@dfo-mpo.gc.ca
159	Watkinson, Doug	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5142	WatkinsonD@dfo-mpo.gc.ca
160	Watson-Wright, Wendy	NCR/RCN	Kent	Ottawa	613-990-5123	Watson-WrightW@dfo-mpo.gc.ca
161	Weise, Andréa	Que/Qué	MLI	Mont-Joli	418-775-0897	WeiseA@dfo-mpo.gc.ca
162	Weise, Jerry	C&A	SLCC/CLCLM	Sault Ste. Marie	705-941-3006	WeiseJ@dfo-mpo.gc.ca
163	Wesson, Laurie	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-984-6340	WessonL@dfo-mpo.gc.ca
164	Whitelaw, John	Mar		Milton	902-354-5443	WhitelawJ@dfo-mpo.gc.ca
165	Whittle, Mike	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4565	WhittleM@dfo-mpo.gc.ca
166	Williams, Daisy	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-3573	WilliamsDM@dfo-mpo.gc.ca
167	Wills, Peter	Pac	IOS/ISO	Sidney	250-363-6312	WillsP@dfo-mpo.gc.ca
168	Woodford, Wendy	Mar	BIO/IOB	Dartmouth	902-426-6255	WoodfordW@dfo-mpo.gc.ca
169	Wright, Dennis	C&A	FWI/IED	Winnipeg	204-983-5204	WrightDG@dfo-mpo.gc.ca
170	Youngblut, Scott	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4502	YoungblutS@dfo-mpo.gc.ca
171	Zamperin, Adam	C&A	CCIW/CCEI	Burlington	905-336-4539	ZamperinA@dfo-mpo.gc.ca
	Guests/Invités					
172	Bielak, Alex		CCIW/CCEI	Environment Canada/Environnement Canada	905-336-4503	alex.bielak@ec.gc.ca
173	Boucher, Pierre	NCR/RCN	Kent	S&T Community Secretariat/Collectivité fédérale en S&T	613-998-4682	BoucherP@dfo-mpo.gc.ca

174	Bowman, Jennifer		CCIW/CCEI	University of Waterloo/Université de Waterloo	905-336-4723	BowmanJ@dfo-mpo.gc.ca
175	Darling, Kim	NCR/RCN	Kent	Ottawa (Policy/Politiques)	613-990-0139	DarlingK@dfo-mpo.gc.ca
176	DePasquale, Debbie			University of Guelph/Université de Guelph	519-824-4120 x4582	ddepasqu@uoguelph.ca
177	Doubleday, Bill	NCR/RCN		Environment Canada/Environnement Canada	819-994-1185	william.doubleday@ec.gc.ca
178	Gilbert, James	NCR/RCN	Kent	Ottawa (Policy/Politiques)	613-998-4973	GilbertJ@dfo-mpo.gc.ca
179	Harrison, Peter	NCR/RCN	Kent	Ottawa (DMO/BSM))	613-993-9226	HarrisonP@dfo-mpo.gc.ca
180	Jordan, Robbi	C&A		Sarnia (Policy/Politiques)	519-383-1853	JordanR@dfo-mpo.gc.ca
181	Kivi, Lyndon	C&A		Kenora (Hab. Mgmt./Gestion de l'hab.)	807-468-6441 x29	KiviL@dfo-mpo.gc.ca
182	Ming, Debbie	C&A	CCIW/CCEI	Burlington (Hab. Mgmt./Gestion de l'hab.)	905-336-4592	MingD@dfo-mpo.gc.ca
183	Muir, Tom		CCIW/CCEI	Environment Canada/Environnement Canada	905-336-4951	tom.muir@ec.gc.ca
184	Mundy, C.J.		FWI/IED	University of Manitoba/Université du Manitoba	204-474-8599	ummundy0@cc.umanitoba.ca
185	Neave, Fraser		CCIW/CCEI	University of Guelph/Université de Guelph	705-941-2088	NeaveF@dfo-mpo.gc.ca
186	Nelson, Patrick		FWI/IED	University of Manitoba/Université du Manitoba	204-983-5142	NelsonPat@dfo-mpo.gc.ca
187	Paleczny, Ed	NCR/RCN	Kent	Ottawa (Policy/Politiques)	613-991-1273	PalecznyE@dfo-mpo.gc.ca
188	Poos, Mark			University of Guelph/Université de Guelph	519-824-4120 x4582	mpoos@uoguelph.ca

189	Rukavina, Norm		CCIW/CCEI	Environment Canada/Environnement Canada	905-336-4880	norm.rukavina@ec.gc.ca
190	Stringer, Lisa	NCR/RCN	Kent	Ottawa (Policy/Politiques)	613-990-0141	StringerL@dfo-mpo.gc.ca
191	Stuart, Matt		CCIW/CCEI	University of Guelph/Université de Guelph	519-824-2739	mstuart@uoguelph.ca
192	Surette, Heather		CCIW/CCEI	University of Guelph/Université de Guelph	519-824-4120 x6307	hsurette@uoguelph.ca
193	Vandermeulen, Herb	NCR/RCN	Kent	Ottawa (Oceans/Océans)	613-990-0311	VandermeulenH@dfo-mpo.gc.ca
194	Yeon, Inja			Korea/Corée	*see/voir 'Jamieson, Glen'*	

Appendix 2/ Appendice 2 : Evaluation Form Results/ Formulaire d'évaluation - Résultats

We received 78 evaluation forms/ Nous avons reçu 78 formulaires.

How would you rate the following components of the Workshop?/ Quelle est votre évaluation des éléments suivants de l'Atelier?

	Poor/Médiocre	Fair/ Passable	Satisfactor/ Satisfaisant	Very Satisfactory/Très satisfaisant	Excellent/Excellent
Did the workshop meet its objective to facilitate exchange of science among DFO labs? / L'atelier a-t-il atteint son objectif de faciliter l'échange scientifique entre les laboratoires du MPO? (77)	0 % (0)	1 % (1)	10 % (8)	49 % (38)	39 % (30)
How useful did you find the workshop?/ Dans quelle mesure avez-vous trouvé l'Atelier utile? (77)	0 % (0)	1 % (1)	22 % (17)	45 % (35)	31 % (24)

Were the three themes appropriate?/Les trois thèmes étaient-ils appropriés? (76)	0 % (0)	3 % (2)	28 % (21)	51 % (39)	18 % (14)
How did you find the quality of oral presentations?/ Comment évaluez-vous la qualité des présentations orales?(78)	0 % (0)	1 % (1)	6 % (5)	60 % (47)	32 % (25)
How did you find the quality of posters?/Comment évaluez-vous la qualité des affiches? (77)	0 % (0)	0 % (0)	18 % (14)	56 % (43)	26 % (20)
How did you enjoy the banquet?/ Avez-vous aimé le banquet? (74)	0 % (0)	0 % (0)	16 % (12)	43 % (32)	41 % (30)

	Yes/ Oui	No/ Non
Should we have future workshops?/ Devrions-nous avoir des ateliers à l'avenir? (78)	100 % (78)	0 % (0)

What would you change?/ Qu'est-ce que vous aimeriez changer?	Yes/ Oui	No/ Non
Time of year?/ Temps de l'année?	17 %	83 %
Length of workshop?/ Durée de l'atelier?	5 %	95 %
Should future workshops be more focused with only one or two themes?/ Les ateliers futurs devraient-ils se concentrer sur un ou deux thèmes?	8 %	92 %
Fewer talks?/ Moins de présentations orales?	19 %	81 %
More time for discussion (i.e., audience participation)?/ Plus de temps de discussion (c.-à-d. la participation de l'auditoire)?	63 %	37 %
Should we invite keynote speakers from outside DFO to address collaborative research?/ Devrions-nous inviter des orateurs principaux ne faisant pas partie du MPO à parler de la recherche collective?	71 %	29 %
Fewer participants?/ Nombre réduit de participants?	0 %	100 %